

# Virkjun á Hellisheiði

**Rafstöð allt að 120 MW**  
**Varmastöð allt að 400 MW**

**Mat á umhverfisáhrifum**



**Nóvember 2003**

**EFNISYFIRLIT**

<b>SAMANTEKT</b> .....	<b>I</b>
<b>1 INNGANGUR</b> .....	<b>1</b>
1.1 Almennt.....	1
1.2 Markmið framkvæmdar.....	2
1.3 Matsskylda.....	2
1.4 Leyfi.....	4
1.5 Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma.....	4
1.6 Umsjón verkefnis og samstarfsaðilar.....	4
1.7 Uppbygging matsskýrslu.....	6
<b>2 STAÐHÆTTIR OG UMHVERFL</b> .....	<b>7</b>
2.1 Framkvæmdasvæði.....	7
2.2 Jarðfræði.....	8
2.3 Jarðmyndanir og landslag.....	13
2.4 Vatnafar.....	16
2.5 Gróðurfar.....	17
2.5.1 Gróðurfar á virkjunarsvæði á Hellisheiði og í nágrenni þess.....	17
2.5.2 Gróðurfar á vatnsverndarsvæði og áhrifasvæði hitaveitueðar.....	18
2.6 Dýralíf.....	26
2.6.1 Fuglalíf.....	26
2.6.2 Smádýralíf.....	28
2.6.3 Smádýralíf í vötnum.....	28
2.7 Lífríki hvera.....	30
2.8 Menningarminjar.....	31
2.8.1 Virkjunarsvæðið á Hellisheiði.....	31
2.8.2 Hitaveitueð frá Kolviðarhóli að Reynisvatnsheiði.....	32
2.9 Skipulag og landnotkun.....	37
2.10 Byggð og íbúabróun.....	38
2.11 Samgöngur.....	39
2.12 Veðurfar.....	39
2.13 Hættur.....	42
<b>3 LÝSING FRAMKVÆMDAR</b> .....	<b>45</b>
3.1 Inngangur.....	45
3.2 Vinnslurás virkjunar.....	45
3.3 Mannvirki.....	47
3.3.1 Vegir og slóðar.....	47
3.3.2 Borholur.....	47
3.3.3 Gufuveita.....	51
3.3.4 Stöðvarhús.....	52
3.3.5 Kæliturn.....	52
3.3.6 Vatnsveita og vatnsból.....	53
3.3.7 Fráveita.....	53
3.3.8 Hitaveitueð.....	54
3.3.9 Tenging við rafveitukerfi.....	54
3.3.10 Vinnubúðir.....	54
3.3.11 Önnur mannvirki.....	54
3.3.12 Náma.....	54
3.4 Losun úrgangs.....	57
<b>4 AÐFERÐAFRÆÐI</b> .....	<b>59</b>
4.1 Inngangur.....	59
4.2 Mat á umhverfisáhrifum.....	59
4.3 Áhrifaþættir.....	60



4.4	Umhverfisþættir.....	60
4.5	Áhrifasvæði.....	60
<b>5</b>	<b>UMHVERFISÁHRIF FRAMKVÆMDA.....</b>	<b>61</b>
5.1	Inngangur.....	61
5.2	Jarðhiti og orkuforði.....	61
5.2.1	Almennt.....	61
5.2.2	Áhrif framkvæmdar.....	63
5.2.3	Mótvægisáðgerðir.....	68
5.2.4	Niðurstöður.....	68
5.3	Vatnafar.....	69
5.3.1	Áhrif framkvæmdar.....	69
5.3.2	Mótvægisáðgerðir.....	72
5.3.3	Niðurstöður.....	76
5.4	Loftgæði.....	76
5.4.1	Inngangur.....	76
5.4.2	Áhrif framkvæmdar.....	77
5.4.3	Niðurstöður.....	78
5.5	Gróðurfar.....	78
5.5.1	Áhrif framkvæmdar.....	78
5.5.2	Mótvægisáðgerðir.....	79
5.5.3	Niðurstöður.....	80
5.6	Dýralíf.....	80
5.6.1	Áhrif framkvæmdar.....	80
5.6.2	Mótvægisáðgerðir.....	81
5.6.3	Niðurstöður.....	81
5.7	Lífriki hvera.....	81
5.7.1	Áhrif framkvæmdar.....	81
5.7.2	Niðurstöður.....	81
5.8	Skipulag og landnotkun.....	81
5.8.1	Áhrif framkvæmdar.....	81
5.8.2	Mótvægisáðgerðir.....	83
5.8.3	Niðurstöður.....	83
5.9	Jarðmyndanir og landslag.....	85
5.9.1	Áhrif framkvæmdar.....	85
5.9.2	Mótvægisáðgerðir.....	87
5.9.3	Niðurstöður.....	87
5.10	Menningarminjar.....	87
5.10.1	Áhrif framkvæmdar.....	88
5.10.2	Mótvægisáðgerðir.....	89
5.10.3	Niðurstöður.....	89
5.11	Sjónræn áhrif.....	89
5.11.1	Áhrif framkvæmdar.....	89
5.11.2	Mótvægisáðgerðir.....	97
5.11.3	Niðurstöður.....	97
5.12	Hljóðvist.....	97
5.12.1	Áhrif framkvæmdar.....	97
5.12.2	Mótvægisáðgerðir.....	98
5.12.3	Niðurstöður.....	99
5.13	Byggð og íbúápróun.....	99
5.13.1	Áhrif framkvæmdar.....	99
5.13.2	Niðurstöður.....	99
5.14	Ferðaþjónusta og útivist.....	99
5.14.1	Almennt.....	99
5.14.2	Áhrif framkvæmdar.....	101
5.14.3	Mótvægisáðgerðir.....	102
5.14.4	Niðurstöður.....	103
5.15	Samgöngur.....	103

5.15.1	Áhrif framkvæmdar.....	103
5.15.2	Mótvægisáðgerðir.....	103
5.15.3	Niðurstöður.....	103
<b>6</b>	<b>NIÐURSTÖÐUR MATS Á UMHVERFISÁHRIFUM.....</b>	<b>105</b>
6.1	Niðurstöður.....	110
6.2	Mismunur kosta I og II.....	112
6.3	Heildaráhrif.....	112
<b>7</b>	<b>AÐRIR KOSTIR.....</b>	<b>113</b>
7.1	Staðsetning og tilhögun framkvæmda.....	113
7.1.1	Stöðvarhús.....	113
7.1.2	Skiljustöðvar, lokahús og gufuháfar.....	113
7.1.3	Aðveituæðar.....	114
7.1.4	Vatnsból.....	114
7.1.5	Ferskvatnsæð.....	115
7.1.6	Varmastöð.....	115
7.1.7	Losun affallsvatns.....	115
7.1.8	Niðurrennsli sveita.....	116
7.1.9	Hitaveituæð.....	117
7.1.10	Námur.....	117
7.2	Núll kostur.....	117
<b>8</b>	<b>VÖKTUN OG EFTIRLIT.....</b>	<b>119</b>
8.1	Inngangur.....	119
8.2	Eftirlit með jarðhitasvæðinu.....	119
8.3	Eftirlit með breytingum á landi við vinnslu.....	119
8.4	Eftirlit með lífríki.....	119
8.5	Eftirlit með grunnvatni.....	119
8.6	Eftirlit með breytingum á frárennsli.....	120
8.7	Aðrir þættir.....	120
<b>9</b>	<b>KYNNING OG SAMRÁÐ.....</b>	<b>121</b>
9.1	Almennt.....	121
9.2	Kynning matsáætlunar.....	121
9.3	Kynning matsskýrslu.....	122
	<b>ORÐSKÝRINGAR.....</b>	<b>125</b>
	<b>SÉRFRÆÐISKÝRSLUR.....</b>	<b>127</b>
	<b>HEIMILDIR.....</b>	<b>129</b>
	<b>TEIKNINGAR.....</b>	<b>133</b>
Teikning 1.	Yfirlitskort af framkvæmdasvæði virkjunar á Hellisheiði, kostur I.....	133
Teikning 2	Yfirlitskort af framkvæmdasvæði virkjunar á Hellisheiði, kostur II.....	135
Teikning 3	Yfirlitskort af framkvæmdasvæði virkjunar á Hellisheiði, kostur I.....	137
Teikning 4	Yfirlitskort af framkvæmdasvæði virkjunar á Hellisheiði, kostur II.....	139

## MYNDIR

Mynd 1.	Afstaða framkvæmdasvæðis virkjunar á Hellisheiði.	1
Mynd 2.	Neðra virkjunarsvæði horft til suðurs (Ljósmynd, Emil Þór).	7
Mynd 3.	Efra virkjunarsvæði horft til suðurs (Ljósmynd, Emil Þór).	8
Mynd 4.	Úrdráttur úr jarðfræðikorti af Hengilssvæði	10
Mynd 5.	Jarðhita og sprungukort af Hellisheiði	11
Mynd 6.	Grunnvatnsstraumar á Hengilssvæðinu (Vatnaskil).	17
Mynd 7.	Gróðurgreining af völdum svæðum á Hellisheiði	19
Mynd 8.	Gróðurgreining af völdum svæðum á Hellisheiði	21
Mynd 9.	Gróðurkort af vatnsverndarsvæði og áhrifasvæði hitaveituæðar.	23
Mynd 10.	Horft til norðausturs yfir Elliðakotsmýrar, Sólheimakot fyrir miðri mynd, Hengill í baksýn.	25
Mynd 11.	Draugatjörn, séð frá Húsmúla.	27
Mynd 12.	Úr Sleggjubeinsdal	31
Mynd 13.	Meningarminjar á virkjunarsvæðinu á Hellisheiði.	33
Mynd 14.	Meningarminjar á leið hitaveituæðar frá Lyklafelli að Geithálsi.	35
Mynd 15.	Ársverk eftir atvinnugreinum í Ölfusi 1997 (Byggðastofnun).	39
Mynd 16.	Sólarhringsmeðalhiti á Hellisheiði (blá) og Reykjavík (græn).	40
Mynd 17.	Vindrós fyrir Hellisskarð 2001-2002	41
Mynd 18.	Vindrós fyrir Ölkelduháls 2001-2002	41
Mynd 19.	Vinnslurás virkjunar á Hellisheiði.	46
Mynd 20.	Borun holu HE-4 á Hellisheiði.	50
Mynd 21.	Rannsóknahola HE-6 að lokinni borun með skýli og hljóðdeyfi.	51
Mynd 22.	Yfirlitsmynd af efnistökusvæði A6 og efnistöku/losunarsvæði A7.	56
Mynd 23.	Efnistökusvæði A6 í Hamragili	56
Mynd 24.	Gamlar námur framan við Hamragil.	57
Mynd 25.	Hugmyndalíkan að jarðhitanum í Hengli.	62
Mynd 26.	Áætlaður fjöldi blásandi holna með (heilar línur) eða án (slitnar línur) niðurrennsli.	64
Mynd 27.	Rennsli háþrýstigufu við mismikla vinnslu, með (heilar) eða án (slitnar línur) niðurrennsli	64
Mynd 28.	Rennsli skiljuvatns við mismikla vinnslu, með (heilar) eða án (slitnar línur) niðurrennsli.	65
Mynd 29.	Þrýstijöfnun holna í Hengilslíkani, ef öll vinnsla stöðvast árið 2036.	66
Mynd 30.	Hitajöfnun holna í Hengilslíkani, ef öll vinnsla stöðvast árið 2036	67
Mynd 31.	Grunnvatnsstraumar á rannsóknarsvæðinu (Vatnaskil, 2003)	70
Mynd 32.	Dæling, losun og dreifing efna. N-S- og A-V-snið eiga við myndir 33 og 34.	72
Mynd 33.	Langsnið í gegnum vænleg svæði til vatnsöflunar og losunar (sjá mynd 32)	73
Mynd 34.	Þversnið í gegnum grunnvatnsstrauminn (sjá skýringar á myndum 32 og 33)	74
Mynd 35.	Reiknaður hlutur skiljuvatns í eftirlitsholu við Lambafell	75
Mynd 36.	Losun gróðurhúsalofttegunda miðað við mismunandi orkugjafa (Hunt 2000)	77
Mynd 37.	Tillaga að frágangi lagnaskurðar og þjónustuvegar við hitaveituæð í Elliðakotsmýrum.	80
Mynd 38.	Afmörkun iðnaðarsvæðis í auglýstri tillögu að aðalskipulagi Ölfuss (Gísli Gíslason, 2003).	84
Mynd 39.	Sérstæðar jarðmyndanir í nágrenni fyrirhugaðrar virkjunar á Hellisheiði	86
Mynd 40.	Tölvugerð mynd, horft í átt að Kolviðarhóli af nýrri veglínu í Svínahrauni. Þverfell fyrir miðri mynd, Hamragil til vinstri við það og Hellisskarð hægra megin.	90
Mynd 41.	Tölvugerð mynd, virkjun við Kolviðarhól horft til austurs af nýrri veglínu í Svínahrauni (Kostur I). Aðveituæðar liggja niður Hellisskarð og frá skiljustöðvum, ofan skarðsins og vestan Þverfells, að stöðvarhúsi. Við hlið þess sjást þrjár einingar kæliturns og þrjár gufuháfar.	90
Mynd 42.	Tölvugerð mynd, horft til austurs upp Hellisskarð af gamla þjóðveginum vestan Kolviðarhóls. Vestan skarðsins er Þverfell en Stóra-Reykjafell austan þess. Einnig sést inn í Dauðadal.	91
Mynd 43.	Tölvugerð mynd, virkjun horft til austurs frá gamla þjóðveginum vestan Kolviðarhóls (kostur I). Aðveituæðar liggja niður Hellisskarð og frá skiljustöðvum, ofan skarðsins og vestan Þverfells, að stöðvarhúsi. Við hlið þess sjást lokahús, þrjár einingar kæliturns og þrjár gufuháfar. Einnig er sýnd vegtenging milli efra og neðra virkjunarsvæðis í Hellisskarði.	91
Mynd 44.	Tölvugerð mynd, horft í átt að Kolviðarhóli af nýrri veglínu í Svínahrauni. Þverfell fyrir miðri mynd, Hamragil til vinstri við það og Hellisskarð hægra megin.	92
Mynd 45.	Tölvugerð mynd, virkjun við Kolviðarhól horft til austurs af nýrri veglínu í Svínahrauni (Kostur II). Aðveituæðar liggja niður Hellisskarð og frá skiljustöðvum, ofan skarðsins og vestan Þverfells, að stöðvarhúsi. Við hlið þess sjást 2 einingar kæliturns og 2 gufuháfar.	92

Mynd 46.	Tölvugerð mynd, horft til norðvestur í átt til Gígahnúks af Suðurlandsvegi á Hellisheiði. Til vinstri ber hæst Stóra-Reykjafell, Gígahnúkur er fyrir miðju og lengst til hægri sést í Þverfell.	93
Mynd 47.	Tölvugerð mynd af virkjun við Gígahnúk horft til norðurs af Suðurlandsvegi (Kostur II). Framan við byggingarnar, þ.e. kæliturn, stöðvarhús og gufuháf sést nýr vegur inn á efra virkjunarsvæðið.	93
Mynd 48.	Leið niðurrennsliðar horft til norðvesturs úr Hveradalabrekku.	94
Mynd 49.	Niðurrennsliðar við Lambafellshnúk og lagnaleið yfir Svínahraun horft til austurs.	95
Mynd 50.	Horft til norðurs yfir niðurrennsliðar og lagnaleið í Þrengslum.	95
Mynd 51.	Næst er hola HE-4 blásandi á Hellisheiði, þá borun við HE-7 og prófun HE-3 fjærst.	96
Mynd 52.	Athugunarsvæði ferðamálakönnunar (Landmótun).	100
Mynd 53.	Afstaða til mannvirkja og þátta sem fylgja jarðvarmavirkjunum – höfuðborgarsvæði	102
Mynd 54.	Möguleikar á staðsetningu stöðvarhúss virkjunar á Hellisheiði.	114
Mynd 55.	Ellidavatnsstraumur. Grænn flötur sýnir styrk arsen 5–15 µg/l í efstu 100 m grunnvatns.	116

## SKÝRINGARMYNDIR

Skýringarmynd 1.	Vinnslugeta virkjana á veitusvæði Orkuveitu Reykjavíkur.	3
------------------	--	---

## TÖFLUR

Tafla 1.	Áætlun um uppbyggingu virkjunar á Hellisheiði.	2
Tafla 2.	Umsjón verkefnis og samstarfsaðilar	5
Tafla 3.	Samantekt: Landslagsgildi helstu hluta Hengilssvæðisins	15
Tafla 4.	Hlutfall mælinga (%) með rakastig yfir 95%	40
Tafla 5.	Flokkun áhættuþátta við virkjun háhitasvæða	43
Tafla 6.	Helstu einkennistöflur.	48
Tafla 7.	Áætluð þörf fyllingarefna	55
Tafla 8.	Tímaáætlun mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellisheiði	59
Tafla 9.	Styrkur aðalefna í skiljuvatni	71
Tafla 10.	Styrkur snefilefna í skiljuvatni	71
Tafla 11.	Áætlað jarðrask og svæði sem fer undir mannvirki	85
Tafla 12.	Reiknað hljóðstig út frá hljóðgjöfum.	98
Tafla 13.	Niðurstöður mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellisheiði	105





# 1 INNGANGUR

## 1.1 Almenn

Í þessari skýrslu er fjallað um mat á umhverfisáhrifum vegna jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði. Virkjunarsvæðið er í Sveitarfélaginu Ölfusi í Árnessýslu, en áætluð leið hitaveituaðar frá Hellisheiði til Reykjavíkur liggur um land Ölfuss, Mosfellsbæjar, Reykjavíkur og um svæði norðan Sandskeiðs þar sem lögsögumörk eru óviss.

Framkvæmdaraðili er Orkuveita Reykjavíkur, sem áformar að reisa nýja jarðvarmavirkjun til rafmagns- og heitavatnsframleiðslu á sunnanverðu Hengilssvæðinu, sjá mynd 1 og teikningar 1 og 2. Áætlað er að raforkuframleiðsla fullbyggðrar virkjunar muni nema 120 MW og varmaframleiðsla geti orðið allt að 400 MW. Áætlun um uppbyggingu virkjunarinnar er sýnd í töflu 1.



Kortagrunnur Loftmyndir ehf.

Mynd 1. Afstaða framkvæmdasvæðis virkjunar á Hellisheiði.

Tafla 1. Áætlun um uppbyggingu virkjunar á Hellisheiði.

Tekið í notkun	2006	2007	2012	2015	Fullbyggð virkjun
Rafstöð	80 MW		40 MW		120 MW
Varmastöð		Allt að 266 MW		Allt að 133 MW	Allt að 400 MW

Lagðir eru fram til athugunar og úrskurðar tveir kostir á fyrirkomulagi virkjunar. Annars vegar er um að ræða kost, þar sem gert er ráð fyrir að stöðvarhús fullbyggðrar virkjunar verði reist í nágrenni við Kolviðarhól, kostur I. Hinn kosturinn, er að 80 MW rafstöð og alltað 400 MW varmastöð verði reist á þessum stað og að 40 MW rafstöð verði reist suðaustan við Gígahnúk, kostur II. Nánar er fjallað þessa tvo kosti síðar í skýrslunni.

Lokið er borunum á 8 rannsóknaholum á svæðinu milli Stóra-Skarðsmýrarfjalls að norðan og Stóra-Reykjafells að sunnan, Sleggjubeinsdals að vestan og Skarðsmýrar að austan. Niðurstöður þessara borana hafa gefið upplýsingar um eðli jarðhitakerfisins sem notaðar hafa verið til að ákveða stærð og staðsetningu virkjunar á Hellisheiði.

## 1.2 Markmið framkvæmdar

Markmiðið með byggingu virkjunar á Hellisheiði er að mæta aukinni eftirspurn atvinnuvega og almennings eftir raforku og varma. Til að tryggja viðskiptavinum Orkuveitunnar fullnægjandi öryggi og til að anna vaxandi eftirspurn á næstu árum er ljóst að fyrirtækið þarf að auka framleiðslugetu sína á raforku og heitu vatni.

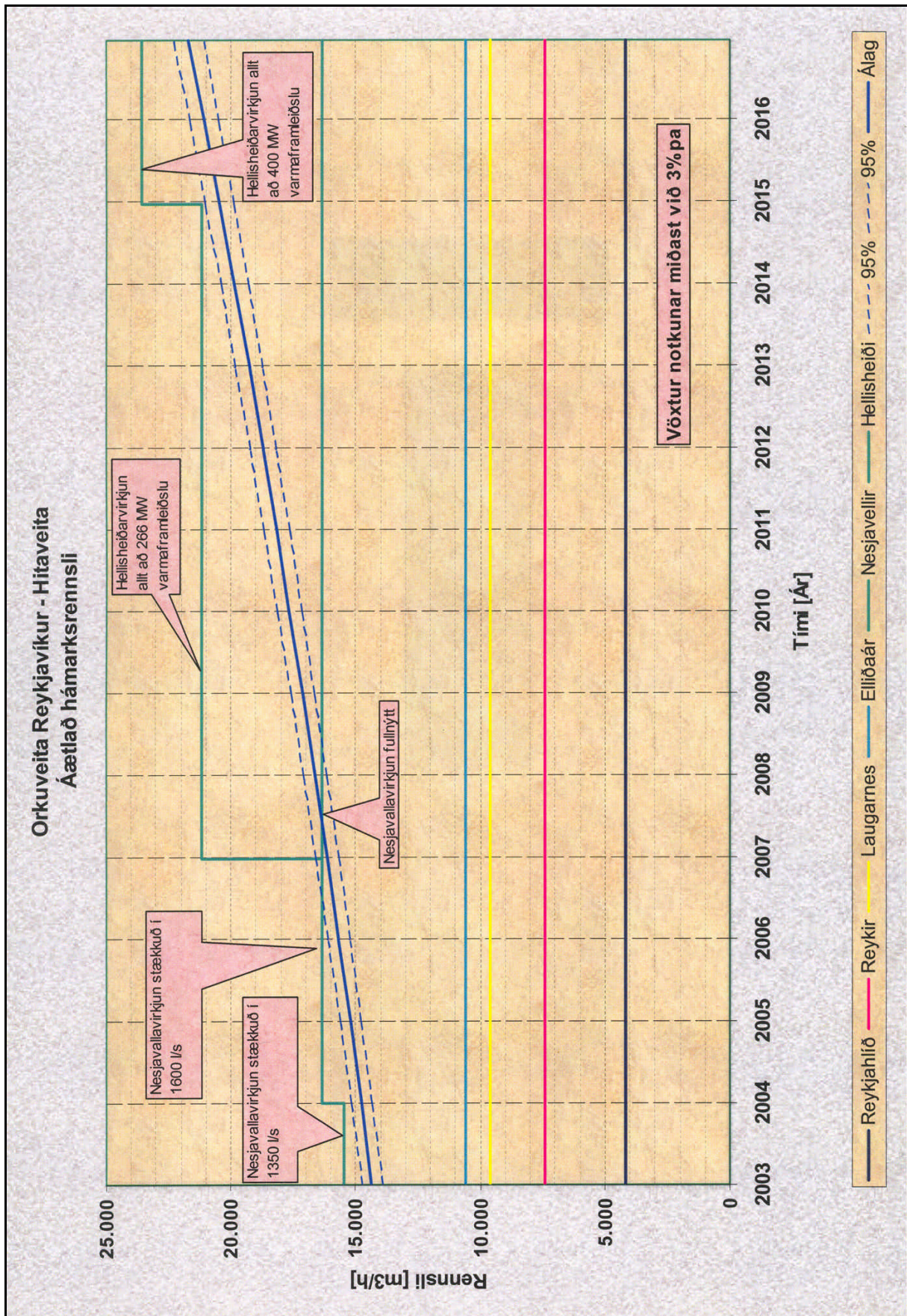
Undanfarin ár hefur raforkumarkaður á Íslandi vaxið mikið t.a.m. með stækkun álversins í Straumsvík, stækkun járnblendiverksmiðjunnar á Grundartanga og byggingu álvers Norðuráls á Grundartanga. Nú liggur fyrir viljayfirlýsing um stækkun Norðuráls og hlut Orkuveitu Reykja víkur í rafmagnsframleiðslu vegna hennar. Vegna stækkunar almenna markaðarins á þjónustusvæði Orkuveitunnar er þörf á aukinni varmaframleiðslu.

Spálíkan fyrir mesta dagrennsli heits vatns á öllum svæðum Orkuveitunnar frá árinu 2001 til 2010 gefur til kynna aukningu sem nemur um 30% á þessu tímabili (Guðmundur R. Jónsson 2002). Skýringarmynd 1 sýnir áætlaða vinnslugetu virkjana og spá um álag á veitusvæði Orkuveitu Reykjavíkur. Lítillega er hægt að bæta við framleiðslu á heitu vatni á Nesjavöllum, en þar sem áætlað er að Nesjavallaæð verði fullnýtt árið 2007 þarf að leggja nýja hitaveituæð. Ekki er talið henta að leggja litla lögn frá Nesjavöllum og stór hitaveituæð hefur flutningsgetu umfram það sem talið er æskilegt fyrir nýtingu jarðhitasvæðisins. Út frá öryggissjónarmiðum er einnig talið heppilegra að leggja aðra hitaveituæð frá nýju virkjunarsvæði á Hellisheiði en frá Nesjavöllum. Rúmlega einn þriðji hluti heildarframleiðslu heits vatns á veitusvæði Orkuveitunnar er á Nejsavöllum. Hengilssvæðið er á virku jarðskjálfta- og gosbelti. Rétt þykir að dreifa áhættu vegna náttúruvár svo sem jarðhræringa og eldgosa, með því að reisa virkjun á nýju svæði. Áhætta vegna hugsanlegra skemmdarverka, hryðjuverka og stórfelldra bilana minnkar einnig. Nánari umfjöllun um hættur er í kafla 2.13 og á hún jafnt við um Nesjavallavirkjun og virkjun á Hellisheiði.

## 1.3 Matsskylda

Framkvæmdin er matsskyld samkvæmt 5. grein í lögum nr. 106/2000 um mat á umhverfisáhrifum, samanber 2. grein í 1. viðauka laganna.





Skýringarmynd 1.

Vinnslugeta virkjana á veitusvæði Orkuveitu Reykjavíkur.



## 1.4 Leyfi

VirkJun á Hellisheiði er háð eftirfarandi leyfum:

- Leyfi iðnaðarráðherra til vinnslu raforku skv. 4., 5. og 6. gr. raforkulaga nr. 65/2003.
- Framkvæmdaleyfi og veitendur eru sveitarfélögin Ölfus, Mosfellsbær og Reykjavíkurborg skv. 27. gr. skipulags- og byggingarlaga nr. 73/1997.<sup>1</sup>
- Byggingarleyfi. Veitandi er sveitarfélagið Ölfus skv. 36. og 43. gr. skipulags- og byggingarlaga nr. 73/1997.
- Starfsleyfi. Veitandi er heilbrigðisnefnd Suðurlands skv. 6. gr. laga nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir og 9. gr. reglugerðar nr. 785/1999 um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun, sbr. fylgiskjal 2, liði 2.6, 9.1 c og 10.4. og skv. 14. gr. reglugerðar nr. 797/1999 um varnir gegn mengun grunnvatns. Aðstaða verktaka vegna framkvæmdanna eru starfsleyfisskildar skv. reglugerð 785/1999, gr. 10.7, fylgiskjal 2.
- Nýtingarleyfi til vinnslu jarðhita veitt af iðnaðarráðherra samkvæmt 16., 17. og 18. gr. laga nr. 57/1998 um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu.
- Leyfi Fornleifaverndar ríkisins þarf til ef hrófla þarf við fornleifum, skv. 10. gr. Þjóðminjalaga nr. 107/2001.

## 1.5 Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Á vegum stjórnvalda er unnið við að leggja mat á og flokka virkjunarkosti, jafnt vatnsafl og háhita, með tilliti til orkugetu, hagkvæmni, áhrifa á náttúrufar, náttúru- og menningarminjar, svo og hagsmuni allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði (Landvernd 2002). Þetta mat er kallað rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðhita. Staða virkjunar á Hellisheiði innan rammaáætlunarinnar er sú, að virkjunin er í flokki þeirra virkjunarhugmynda sem verkefnisstjórn rammaáætlunar tekur til skoðunar í fyrsta áfanga verkefnisins. Samkvæmt drögum að skýrslu verkefnisstjórnar<sup>2</sup> eru virkjunarkostir flokkaðir í fimm flokka með tilliti til umhverfisáhrifa. Minnstu umhverfisáhrifanna er að vænta af virkjunum í flokki a en mestra áhrifa af virkjunum í flokki e. Samkvæmt bráðabirgðaniðurstöðum verkefnisstjórnar rammaáætlunar fellur virkjun á Hellisheiði í flokk a, þ.e. í þann flokk virkjana sem minnst umhverfisáhrif hafa.

Stjórnvöld geta veitt leyfi til virkjunar sem er til umfjöllunar hjá verkefnisstjórn rammaáætlunar. Í slíkum tilfellum telja stjórnvöld eðlilegt að verkefnisstjórn fjalli um málið og komi sínum sjónarmiðum á framfæri, enda fari fram mat á umhverfisáhrifum á viðkomandi framkvæmd.

## 1.6 Umsjón verkefnis og samstarfsaðilar

Orkuveita Reykjavíkur er framkvæmdaraðili. Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns hf. (VGK) er aðalráðgjafi við mat á umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar. Aðrir ráðgjafar við matið eru Fornleifastofnun Íslands, Íslenskar orkurannsóknir, Landmótun, Líffræðistofnun Háskóla Íslands, Náttúrufræðistofnun Íslands, Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði, Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar, Veðurstofa Íslands, Verkfræðistofan Vatnaskil hf. og ráðgjafahópur um HellisheiðarvirkJun. Í ráðgjafahópnum eru: Fjarhitun hf., Landslag ehf., Rafhönnun hf., Rafteikning hf., Teiknistofan ehf. og VGK hf.

<sup>1</sup> Á leið hitaveituaðar við Lyklafell eru lögsögumörk óviss á kafla.

<sup>2</sup> Sveinbjörn Björnsson 2003, munnlegar upplýsingar 4. júlí.

Tafla 2. Umsjón verkefnis og samstarfsaðilar.

Fyrirtæki	Nafn	Starfsheiti
<b>Verkefnisstjórn</b>		
Orkuveita Reykjavíkur	Einar Gunnlaugsson Ingólfur Hrólfsson	jarðfræðingur verkfræðingur
VGK hf	Claus Ballzus	verkfræðingur
<b>Umsjón mats á umhverfis- áhrifum og ritstjórn skýrslu</b>		
VGK hf	Auður Andrésdóttir Teitur Gunnarsson	jarðfræðingur verkfræðingur
<b>Sérfræðingar sem lögðu til efni í skýrsluna</b>		
Fornleifastofnun Íslands	Adolf Friðriksson Orri Vésteinsson Uggi Ævarsson Birna Lárusdóttir Sædís Gunnarsdóttir	fornleifafræðingur fornleifafræðingur  fornleifafræðingur
Íslenskar orkurannsóknir	Arnar Hjartarson Grímur Björnsson Kristján Sæmundsson	jarðeðlisfræðingur jarðeðlisfræðingur jarðfræðingur
Landmótun	Gísli Gíslason	landslagsarkitekt
Líffræðistofnun Háskóla Íslands	Arnþór Garðarson Eyrún Nanna Einarsdóttir Gísli Már Gíslason Iris Hansen Jón S. Ólafsson Rannveig Thoroddsen Þóra Ellen Þórhallsdóttir	dýrafræðingur líffræðingur vatnalíffræðingur líffræðingur vatnalíffræðingur líffræðingur grasafræðingur
Náttúrufræðistofnun Íslands	Guðmundur Guðjónsson	landfræðingur
Orkuveita Reykjavíkur	Gestur Gíslason	jarðfræðingur
Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði	Sólveig K. Pétursdóttir Tryggvi Þórðarson	líffræðingur líffræðingur
Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar hf.	Rögnvaldur Guðmundsson	ferðamálafræðingur
Veðurstofa Íslands	Torfi Karl Antonsson Þórður Arason	veðurfræðingur veðurfræðingur
Verkfræðistofan Vatnaskil hf.	Eric M. Myers Snorri P. Kjaran	verkfræðingur
VGK hf.	Björn Þór Guðmundsson Óskar Sigurðsson	jarðfræðingur landfræðingur
Ráðgjafarhópur um Hellsheiðarvirkjun	Fjarhitun hf. Landslag ehf. Rafhönnun hf. Rafteikning hf. Teiknistofan ehf. VGK hf.	byggingar, heita- og ferskvatnsæðar landslagsarkitektar stýribúnaður rafbúnaður arkitektar verkefnisstjórn, vélbúnaður

## 1.7 Uppbygging matsskýrslu

Matsskýrslunni er skipt í níu megin kafla:

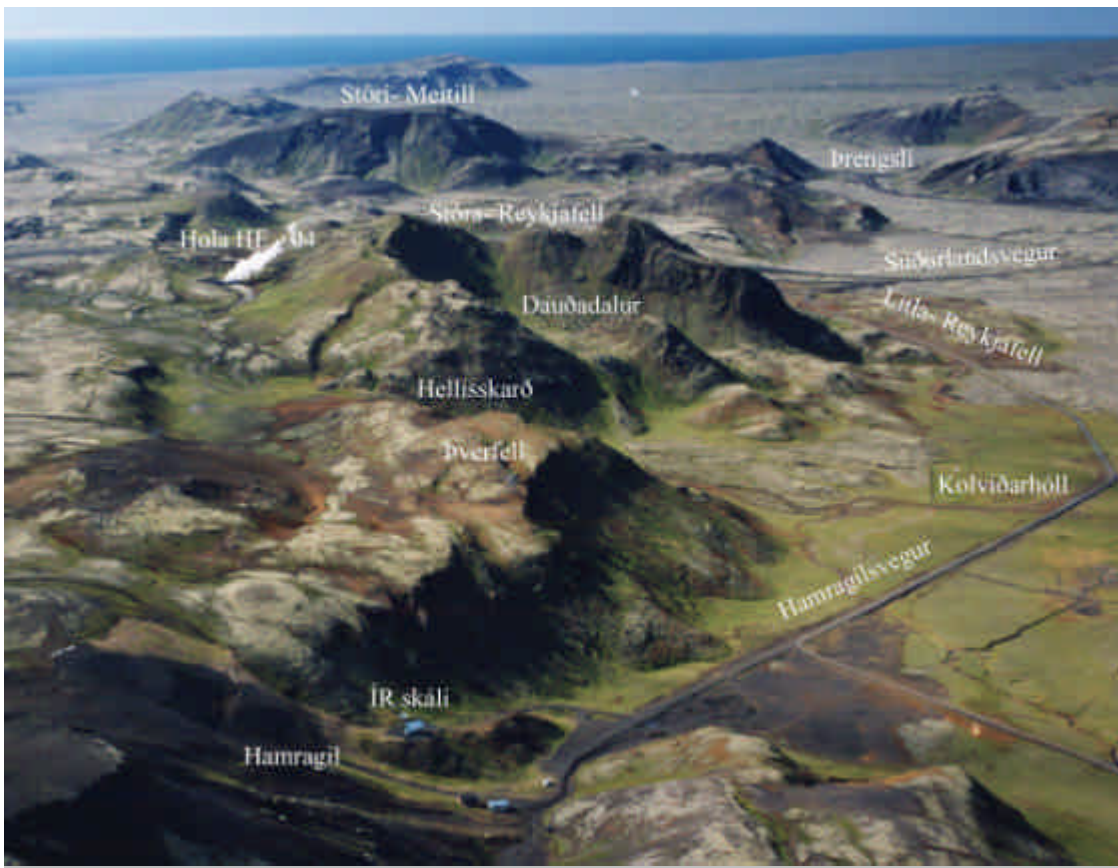
1. Inngang, til að kynna framkvæmdina, framkvæmdaraðila, ráðgjafa og áætlun um uppbyggingu virkjunarinnar.
2. Lýsingu staðhátta og umhverfis á og við framkvæmdasvæðið.
3. Lýsingu framkvæmdar, einstakir framkvæmdaþættir raktir og skýrðir.
4. Lýsingu á efnistöfum matsins.
5. Greinargerð um þau umhverfisáhrif sem fram hafa komið við matið ásamt þeim mótvægisáðgerðum sem fyrirhugaðar eru.
6. Helstu niðurstöður matsins dregnar saman og heildaráhrif metin.
7. Greinargerð um aðra möguleika sem kannaðir voru varðandi staðarval og tilhögun ýmissa þátta framkvæmdarinnar. Einnig umfjöllun um núll kost.
8. Tillögur um vöktun jarðhitans og lífríkisins ásamt tillögum um eftirlit með virkjuninni og áhrifum hennar á rekstrartíma.
9. Greinargerð um kynningar og samráð sem farið hefur fram og fyrirhugað er vegna mats á umhverfisáhrifum.

## 2 STAÐHÆTTIR OG UMHVERFI

### 2.1 Framkvæmdasvæði

Framkvæmdasvæði fyrirhugaðrar virkjunar er á Hellisheiði og nágrenni sunnan Hengils (teikning 1). Svæðið nær frá Kolviðarhóli, Sleggjubeinsdal og Bolavöllum við Húsmúla í vestri um sunnanvert Stóra-Skarðsmýrarfjall austur að Litla-Skarðsmýrarfjalli. Það markast af Stóra-Reykjafelli að suðvestan og nær suður fyrir Gígahnúk. Svæðið skiptist í efra virkjunarsvæði ofan Hellisskarðs og neðra virkjunarsvæði neðan skarðsins. Einnig verður lögð hitaveituað frá virkjunarsvæðinu til Reykjavíkur. Rannsóknir sem gerðar hafa verið í tengslum við mat á umhverfisáhrifum virkjunarinnar ná þó yfir mun stærra svæði. Á það einkum við um grunnvatnsrannsóknir. Til vesturs markast svæðið af ströndinni við Faxaflóa og vatnasviði Kleifarvatns, en suðurströndin og Ölfusá takmarka það að sunnan og austan.

Mörk Hellisheiðar eru að austan um Hurðarás sem er framhald til norðurs af Núpafjalli, og Hengladalsá, að norðan Litla-Skarðsmýrarfjall og Stóra-Skarðsmýrarfjall, að vestan Reykjafell og Lakahnúkar, að sunnan Hverahlíð að Hlíðarhorni og um Hurðarásvötn austur að Hurðarási. Nú nær Hellisheiði oft í vitund manna ranglega yfir stærra svæði en hér er lýst.



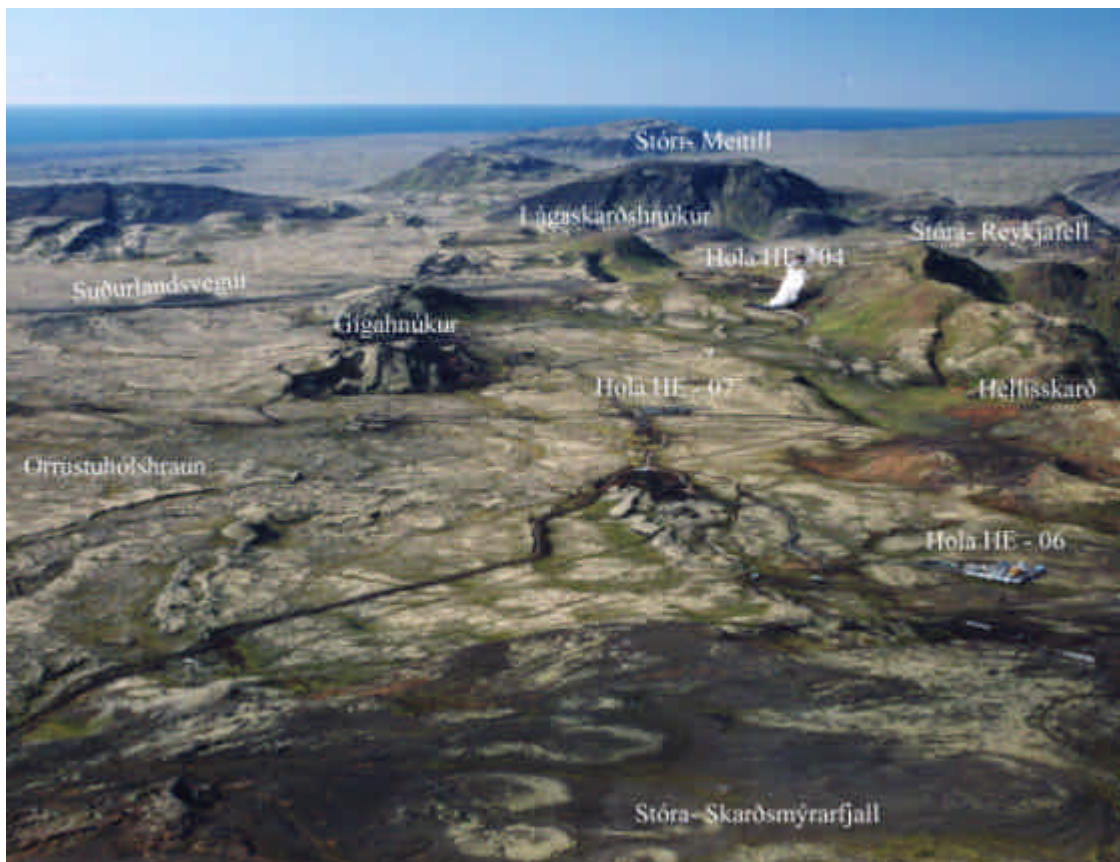
Mynd 2. Neðra virkjunarsvæði horft til suðurs (Ljósmynd, Emil Þór).

Um Hellisheiði liggur þjóðvegurinn milli Reykjavíkur og Suðurlandsundirlendisins. Heiðin hefur öldum saman verið mjög fjölfarin. Hin forna leið, sem kölluð hefur verið Gamli vegurinn, lá á öðrum stað en nú er farið. Að austan lá hún upp Kamba, yfir Hurðarás og þaðan í Hellisskarð fyrir ofan Kolviðarhól. Síðan lá leiðin niður af heiðinni um Hellisskarð, þaðan um Bolavelli vestur með Húsmúla, um norðanvert Svínahraun hjá Lyklafelli og var oft komið í byggð hjá Elliðakoti í Mosfellssveit. Þessi leið var öll vörðuð og standa margar vörðurnar vel enn í dag. Þekkt er Biskupsvarða sem stóð á klapparhól vestarlega á heiðinni. Vörðunnar er getið í heimild frá 1703 og mun hún hafa verið ævaform og mikið



mannvirki. Hún stóð fram á 19. öld. Um 1830 var byggður sæluhúskofi á sömu klöppinni og var grjótið úr Biskupsvörðu notað í hann. Kofinn stendur enn, nefndur Hellukofi enda eingöngu byggður úr hellum. Á árunum 1879-1880 var lagður upphlaðinn vegur upp Kamba og vestur Hellisheiði, nálægt hinni fornu þjóðleið, en á árunum 1895-1896 var lagður vagnfær vegur yfir Hellisheiði, nokkru vestar en eldri leiðir, niður í Hveradali og vestur fyrir Reykjafell en ekki niður Hellisskarð. Sá vegur var lengst af farinn á síðustu öld, uns núverandi vegur var lagður með varanlegu slitlagi, nokkurn veginn beint vestur heiðina 1972.

Hengladalsá fellur úr Hengladöllum suður að Hellisheiði en síðan suðaustur fyrir Ásstaðafjall og niður í Ölfus, í Reykjadalssá norðaustur af Kömbum. Til að minnka vatnsaga í Arnarbælisforum var tvisvar gerð tilraun til að veita Hengladalaá úr farvegi sínum uppi á Hellisheiði, í seinna skiptið á síðari hluta 19. aldar en í fyrri skiptið allöngu fyrr. Í fyrri skiptið var ánni veitt vestur í hraunið og telja sumir að hún hafi þá komið fram í Fóelluvötnum á Sandskeiði en í seinna skiptið var henni veitt suður af og kom hún fram vestan Núpahnúks og Þurrárhnúks.



Mynd 3. Efra virkjunarsvæði horft til suðurs (Ljósmynd, Emil Þór).

## 2.2 Jarðfræði

Hengilssvæðið er í miðju vestara gosbeltinu, sem nær frá Reykjanesi og norður í Langjökul. Berggrunnur er að mestu móberg sem myndast hefur undir jökli á síðustu jökulскеiðum ísaldar. Á jöðrum svæðisins kemur blágrýti fram undan móberginu. Það sést t.d. í Jórúkleif, Húsmúla og í Framgrafningi (Gísli Gíslason og Yngvi Þór Loftsson 1997).

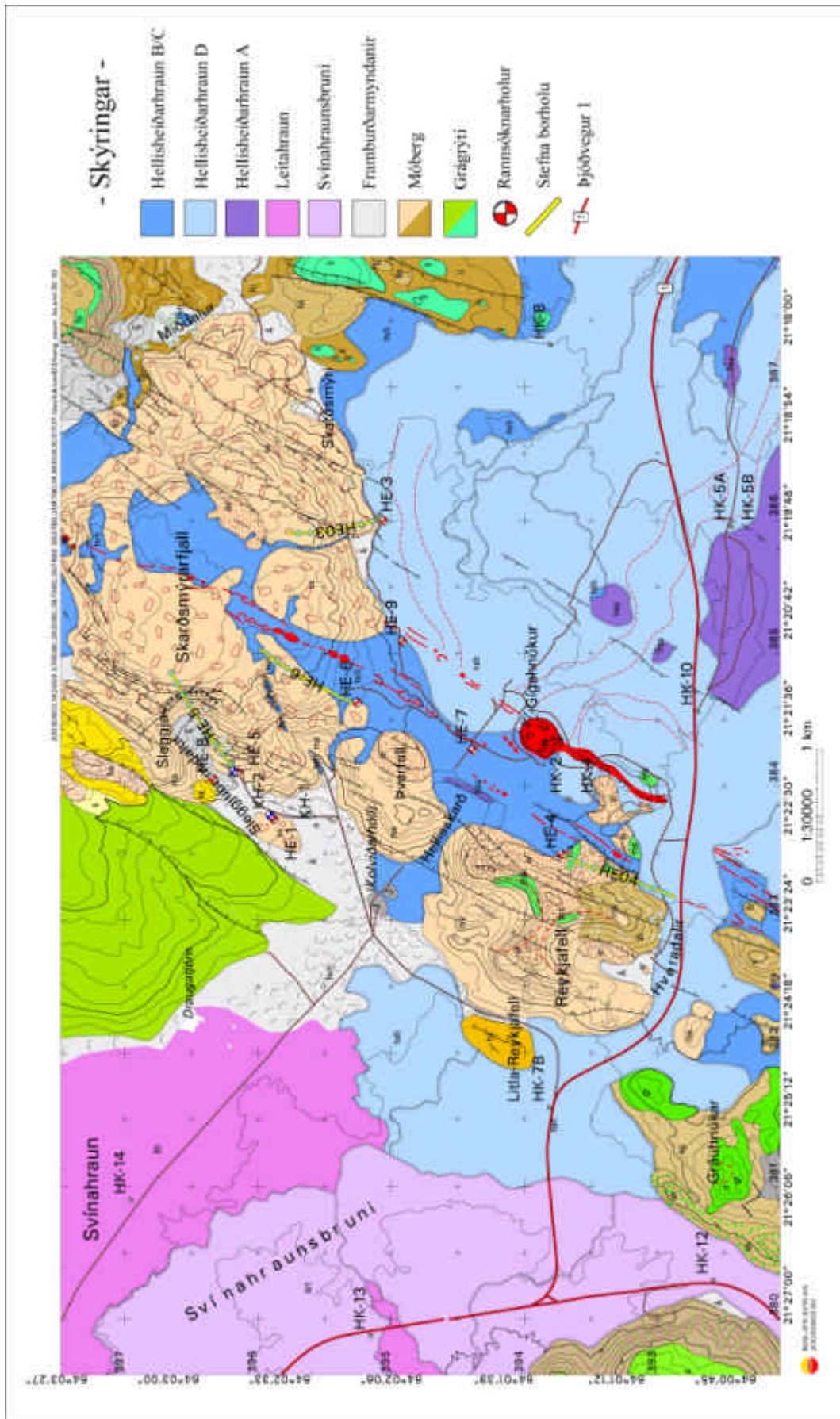
Hengilssvæðið er eitt af stærstu háhitasvæðum landsins og samkvæmt dreifingu hita, ummyndunar á yfirborði og viðnámsmælingum er stærð svæðisins um 112 ferkílómetrar (Iðnaðarráðuneytið 1994). Háhitasvæðið nær yfir tvær megineldstöðvar og nágrenni þeirra (Sigurður Kristinsson og Kristján Sæmundsson 1996). Önnur, Hveragerðiseldsstöðin, er útdauð og sundurgrafin. Hin er virk og nær yfir

Hengil og Hrómundartind. Hún skiptist í tvær gosreinar. Önnur liggur um Henglafjöll, hin um Hrómundartind. Milli gosreinanna skilur Þverárdalur og Bitra sem fyllt hefur framhald dalsins til suðurs. Svæðið er a.m.k. þrískipt:

- 1) Suðaustasti hluti þess er í Hveragerðiseldstöðinni. Ef nefna ætti eitthvert sérkenni þess, þá væru það kísilhverirnir í Hveragerði og á Reykjum, eða hinar fjölmörgu laugar sem spretta fram úr bergflaupunum í Grændal. Innan um eru gufuhverir sem gjarnan fylgja sprungum tengdum Suðurlandsskjálftum.
- 2) Ölkelduhállsvæðið sker sig úr fyrir kolsýrulaugarnar sem eru í þyrpingu frá Ölkelduhálsi suður í Reykjadal norðan undir Molddalahnúkum. Norðan og sunnan við eru í framhaldi af þessari þyrpingu venjuleg gufuhverasvæði í Hverakjálka og við Hrómundartind.
- 3) Loks er Hengilskerfið. Það nær frá Nesjavöllum suðvestur í Hveradali og Hverahlíð. Jarðhitinn er mestur og samfelldastur utan í Hengli alls staðar nema norðvestan megin. Þar er enginn jarðhiti. Fjallið sjálft er ummyndað af jarðhita nema norðvesturhlutinn. Suðvestur frá Hengli eru strjálar hveraþyrpingar. Brennisteinshverir eru mestir vestan til í Hengli, þ.e. í Sleggjubeinsdal og í krikanum sem gengur inn með Hengli norður úr Innstadal, en einnig er nokkuð um hann í Hveradölum og á Nesjavöllum.

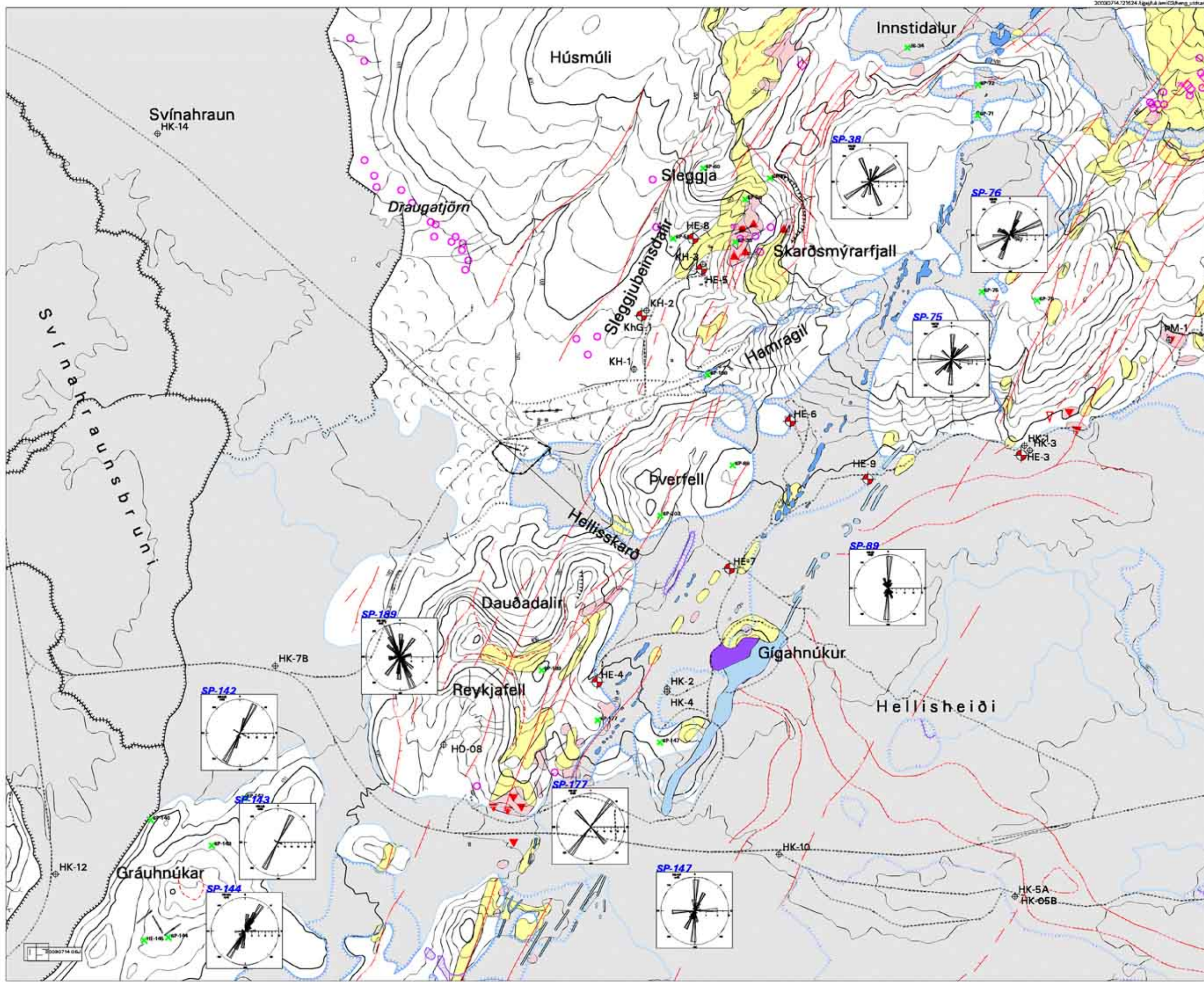
Hengilskerfið er yngst og virkast. Frá ísaldarlokum, þ.e. síðustu 11.000 ár eru þekkt þrjú eldgos í Hengilskerfinu (voru lengi talin 4) (Kristján Sæmundsson 2003). Hraunin eru almennt kölluð Hellisheiðarhraun. Síðast gaus þar fyrir um 2.000 árum (D-hraun). Þá runnu hraunið á Hellisheiði og Nesjahraun í Grafningi. Gaus á 25 km langri sprungu, sem náði frá Eldborg undir Meitlinum, um Hellisheiði, Innstadal og norðaustur í Sandey í Þingvallavatni. Næsta gos þar á undan var fyrir um 5.800 árum (B/C-hraun) og um 10.000 ár eru síðan fyrsta gos á nútíma varð (A-hraun). Síðast gaus í nágrenni framkvæmdasvæðisins árið 1000. Þá rann Svínahraunsbruni. Upptök hans eru í næstu sprungurein vestan Hengils, í svokallaðri Bláfjallarein. Síðast voru umbrot í Hengilskerfinu árið 1789. Þá gliðnaði og seig spilda á sprungubeltinu, sem liggur yfir Dyrafjöll og Hestvík og þaðan norður yfir Þingvallavatn milli Almannagjár og Hrafnagjár, um 1-2 m. Ekki er vitað hvort sprunguhreyfingarnar náðu þá til Hengilskerfisins alls. Jarðhræringar urðu einnig í Selvogi og ollu húshrúni, en slíks er annars aldrei getið úr því plássi. Um Hellisheiði er það eitt vitað að þar lifnaði yfir hverum. Mynd 4 er úrdráttur úr jarðfræðikorti og sýnir virkjanasvæðið og umhverfi þess. Hellisheiðarhraunin eru blá, það yngsta (D-hraunið) ljósast. Hraun úr öðrum eldstöðvakerfum, Leitahraun (~5350 ára) og Svínahraunsbruni (frá árinu 1000) vestan megin á kortinu eru bleik. Móberg er sýnt í brúnum litum og grágrýti í grænum. Framburðarmyndanir eru sýndar með gráum lit og gefið til kynna hvar hraun myndi vera undir. Ísúrt berg er sýnt með gulum lit. Borholur eru sýndar á kortinu og hvert skáholurnar liggja. Á mynd 5 eru dregin fram misgengi, gígaraðir og ummyndun. Grænir krossar og tala hjá sýna hvar sprungustefnur voru mældar. Einnig sýnir hún jarðhita á yfirborði í nágrenni við framkvæmdasvæðið.

Á vestanverðu Hengilssvæðinu er landslag mótað af gosmyndunum sem hafa hlaðist upp á síðasta jökulsskeiði og á nútíma (þ.e. eftir ísöld). Austan til hafa roföflin hins vegar mótað það. Laus jarðlög þekja sléttlendi þar sem ár og lækir hafa dreift framburði, eða setlög safnast í gömul vatnsstæði sem síðar hafa ræst fram. Fjallshlíðar eru hvergi mjög skriðurunnar nema þar sem þykk hraunlög eru í brúnum eða fjöllin eingöngu úr bólstrabergi, því það molnar allt sundur við veðrun. Bergflaup eru algeng í dölunum norður frá Hveragerði og sunnan í Hengli þar sem brattlent er og hitasóðið leirkennt berg er í undirlaginu.



Mynd 4. Úrdráttur úr jarðfræðikorti af Hengilssvæði.

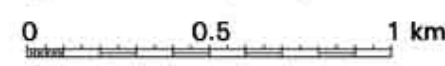




### Skýringar

- Hraun**
  - Misgengi
  - Gjá
  - Framhlaup
  - Hellisheiðarhraun D
  - Hellisheiðarhraun B/C
  - Hellisheiðarhraun A
  - Tjarnahnúkehrun
  - Svínahraun og Svínahraunbruni
  - Hraun undir esti
- Eldvirkni**
  - neh - Hellisheiðarhraun D
  - hvh - Hellisheiðarhraun B/C
  - hea - Hellisheiðarhraun A
  - Hraun undir esti
  - Gosaprunga
  - Gangur
  - Vatnskönnunarhola
  - Borhole
  - Tóftir
  - Garður
  - Lítil lind
  - Stór lind (>50 l/a)
  - Gufuhver eða leirhver
  - Þyrping gufu eða leirhvera
  - Gufuhver með brennieteinsútfellingum
  - Velgja í jörð
  - Vatnshver, laug, volgra, hiti í °C
  - Kíllhrúður
  - Gasupptreymi
  - Ókald, hiti í °C
- Önnur**
  - Væg ummyndun
  - Kaldr hveraskellur
  - Dökkbrún ásýnd (smektt)
  - Grænleit ásýnd (blandleir/klórt)
  - Nútmahraun á yfirborði
  - Sprungustefnur

Mynd 5.  
 Úrdráttur úr sprungukorti (í vinnslu)  
 (Kristján Sæmundsson, 1995)





Skarðsmýrarfjall er að mestu hlaðið upp úr bólstrabergi. Það er yngra en aðliggjandi móbergsfjöll (Sleggja að vestan, Hengill að norðan og Litla-Skarðsmýrarfjall að austan) önnur en Reykjafell og hnúkaröðin norðaustur úr því. Hnúkaröðin myndar ásamt gossprungum frá nútíma um 2 km breiða gosrein sem nær að Skarðsmýrarfjalli suðvestan megin. Ein af gossprungunum liggur yfir það og ofan í Innstadal. Hraun frá þessum gossprungum hafa breiðst út um Helligheiði sunnan fjallsins og flætt til vesturs fram úr skörðum í hnúkaröðinni, þ.e. beggja megin Þverfells og niður Hveradalabrekkur og yfir neðra virkjunarsvæðið. Nokkur stór misgengi liggja yfir Skarðsmýrarfjall frá NA til SV. Þau snúa beggja megin frá að nútíma gossprungunum sem þannig eru á lögsta stað í sigdæld Hengilskerfisins. Jarðhiti er við austustu misgengin í Skarðsmýrarfjalli þar sem þau koma niður að jöfnu bæði að norðaustan og suðvestan. Lítils háttar ummyndun fylgir gossprungunum, en enginn jarðhiti er í þeim. Vestan í fjallinu, þ.e. innarlega í Sleggjubeinsdal eru aftur gufuhverir og raunar er þar mestur brennisteinn í hverum á Hengilssvæðinu öllu. Gjarnan er litið á hann sem ávísun á háan hita undir.

Hveradalir heita grasigrónar hvíltir suðvestan í Reykjafelli. Austan við Skíðaskálann í Hveradölum eru gufuhverir sem dalirnir eru kenndir við. Sá hluti Hveradala sem er norðan vegarins er í rauninni feiknavíður gígur sem hefur holast út í gufusprengigosi, eru barmar hans, þ.e. Reykjafell sjálft úr móbergstúffi. Annar slíkur gígur er norðaustan megin í fellinu. Misgengi, liggja NA-SV yfir Reykjafell, þau stærstu nokkrir tugir metra að stærð. Þau snúa móti suðaustri og fylgir þeim töluverð ummyndum auk hveranna við Skíðaskálann.

### 2.3 Jarðmyndanir og landslag

Um fjöllun um landslag í þessum kafla byggist á skýrslu Líffræðistofnunar Háskólans um gildi landslags á Hengilssvæðinu, sem gerð var fyrir Orkuveitu Reykjavíkur 2002 (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2002). Um fjöllun um jarðmyndanir byggist á greinargerð Íslenskra orkurannsókna (Kristján Sæmundsson 2003).

#### Landslag

Mat á landslagi er á flestan hátt erfiðara viðfangs en mat á öðrum þáttum náttúruafars. Verðmæti landslags eru í eðli sínu huglægari. Upplifun af landslagi er persónubundin og samofin ýmsum breytilegum þáttum s.s. veðri og birtu.

Markmið verkefnis Líffræðistofnunar var í fyrsta lagi að flokka Hengilssvæðið niður eftir megin-dráttum í landslagi og í öðru lagi að greina hvaða hlutar þess hafa mest gildi vegna landslags, einkum á svæðum sem helst koma til greina fyrir orkuvinnslu.

Mörk svæðisins sem skoðuð voru eru dregin sem hér segir: Suðurmörk við Hverahlíð og Lakahnúk, vesturmörk dregin frá Lakahnúk til norðurs, vestan Húsmúla og Engidals. Norðurmörk við Vatnsstæði og þaðan til austurs í átt að Nesjavöllum. Austurmörk voru dregin að Hrómundartindi, Dalshnúk og Ölkelduhálsi, en þaðan til suðvesturs og að Hverahlíð.

Á helstu svæðum var landslagi lýst eftir viðmiðum sem notuð voru við flokkun lands í megingerðir og ljósmyndir teknar. Við úrvinnslu og túlkun var annars vegar byggt á erlendri aðferðafræði og nálgun, einkum bandarískri, en einnig enskri. Þá var gerð skoðanakönnun meðal 12 manna hóps útivistarfólks sem notar svæðið mikið og það m.a. beðið að meta notkun svæðisins og verðmæti þess í heild og einstakra hluta þess, sem og áhrif mannvirkja á landslags- og útivistargildi. Beitt var aðferðafræði sem þróuð hefur verið á vegum faghóps 1 um náttúruvernd og minjar innan Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma og miðar að flokkun íslensks landslags í megingerðir. Þessi aðferð er enn í þróun og var fyrst og fremst hugsuð til að greina á milli helstu landslagsgerða á miðhálandi Íslands. Hér er í raun verið að beita aðferðinni á finni skala eða á finni blæbrigði landslags en aðferðin var upphaflega hönnuð fyrir og verður að hafa það í huga þegar niðurstöður eru túlkaðar. Aðferðin byggir á sjónrænum og hlutlægum viðmiðum. Ekki felst í flokkuninni neitt fagurfræðilegt mat á gildi landsins eða upplifun af því. Flokkunarkerfið leyfir sundurliðun á þeim sjónrænu þáttum sem ráða yfirbragði lands og sérkennum. Hengilssvæðinu var skipt upp í 6 hluta:

- 1) *Suðvesturhluti* – Sleggjubeinsdalur, Hveradalir, Stóra-Reykjafell að Skarðsmýrarfjalli
- 2) *Vesturhluti* – Húsmúli, Engidalur, vesturhlíðar Hengils
- 3) *Miðhluti* – Hengill sjálfur, Skeggi, Hengladalir
- 4) *Norðurhluti* – Dyradalur, Vatnsstæði, til austurs að Nesjavöllum
- 5) *Austurhluti* – Nær yfir Ölkelduháls og nágrenni
- 6) *Suðurhluti* – Orrustuhólshraun, Bitra og ræman sunnan Þjóðvegs að Hverahlíð

Framkvæmdasvæði virkjunar á Hellisheiði er innan suður- og suðvesturhluta Hengilssvæðis.

Fyrir ferðalanga um göngustíga Hengilssvæðisins er sjóndeildarhringurinn alla jafna nálægur. Þó er víðsýnt til vesturs frá vesturhlíðum svæðisins og sjóndeildarhringurinn á sléttunni við Orrustuhólshraun og Bitru afmarkast af fjöllum í nokkurra kílómetra fjarlægð, en á milli sést mun lengra.

Útlínur lands á fjalllendi Hengils eru oft fremur beinar eða hvassar en mjúkar annars staðar, einkum á suðurhluta svæðisins. Í heild býr svæðið yfir verulegri litauðgi og fjölbreytni á áferð. Bergið er grátt að lit en á milli eru rauðir litir og brúnir og það litróf sem tengist jarðhita. Fjölbreytni í gróðurfari endurspeglast einnig í fjölbreytni í lit: hraungambri sem er ríkjandi á hraununum og sums staðar á hryggjum og höfðum er ljós-grágrænn að lit, votlendisgróður í sumum dalanna er skærgrænn og raunar er safaríkur og sterkur grænn litur eitt helsta aðal dalanna. Á milli er svo þurrara gulgrænt graslendi í dalbotnum og sums staðar lynggróður. Rauðbrúnn jarðvegur er afhjúpaður í rofskellum og hærra í hlíðum.

Áferð lands er einnig býsna fjölbreytt. Þar skiptist á hrjúft yfirborð kletta og höfða, á suðurhluta svæðisins eru úfin hraun, sums staðar eru sérkennileg vindsorfin form og þá hefur t.d. snjóðældagróður með smárunnum aðra áferð en graslendi, eins og sést t.d. á leiðinni milli hrauns og hlíðar. Fjölbreytni birtist einnig í því að landið, að suðurhlutanum undanskildum, einkennist af smágerðu eða fíngerðu mynstri. Straumvötn eru ekki mikið áberandi á Hengilssvæðinu ef frá er talin Hengladalsá. Þó setur rennandi vatn og sums staðar laugar, mjög svip á Hengladali. Form landsins eru yfirleitt óregluleg en þó með þeirri undantekningu sem eru hinir rennislétu afrennslislausu og aflokuðu dalir sem eru eitt meginlandslags sérkenni Hengilssvæðisins.

Suðurhluti svæðisins (Orrustuhóll, Bitra, Stóra-Reykjafell og umhverfi þess) hefur minnst gildi vegna landslags. Kemur þar einkum tvennt til. Landið er fremur fábreytt og fær mun lægri einkunn en aðrir hlutar fyrir landslagsefegurð. Þarna eru nú þegar mjög áberandi mannvirki: þrjár stórar háspennulínur með háum möstrum, ótal vegslóðar og opnar og illa frágengnar námur. Telja verður að landslagsgildi þessa hluta hafi verið raskað svo mikið að þar ætti að vera hægt að koma fyrir orkumannvirkjum án þess að rýra svæðið frekar. Þessi hluti hefur líklega verið mest notaður af þeim sem ferðast um á vélknúnum tækjum á vetrum en ætla má að sá hópur útivistarmanna sé ekki jafn viðkvæmur fyrir mannvirkjum og þeir sem ferðast gangandi eða á gönguskíðum. Svæðið sunnan Þjóðvegs er talsvert notað á vetrum (Lakahnúkar, Hverahlíð). Landslagslega er það heldur ekki sambærilegt við mið- eða norðurhluta svæðisins.

Miðhluti Hengilssvæðisins er enn að mestu ósnortinn ef frá eru taldir fáeinir slóðar og nokkrir kofar. Þetta svæði hefur hátt gildi fyrir útivist og vegna landslags. Það býður upp á langar en miserfiðar gönguleiðir að sumri og skíðagöngur að vetri. Landslagið fær háa einkunn eftir öllum viðmiðum og svæðið hefur nokkra sérstöðu meðal útivistarsvæða á suðvesturhorni landsins vegna þess hve sjónarhorn þess er fjölbreytt og það lofar óvæntri upplifun. Mikilvægt er að halda þessum hluta óröskuðum. Fremstidalur og Miðdalur búa yfir hvað mestri sjónrænni fjölbreytni í landi og gróðri. Háspennulína þrengir sér að vísu óþarflega inn í landið austan Fremstadals en engu að síður verður landslagsgildi dalsins og umhverfi hans að teljast mjög hátt.

Ölkelduháls og nágrenni býr yfir sérstakri litauðgi og fjölbreytni í landi og svæðið er eftirsótt til náttúruþaða. Háspennulína með stórum möstrum hefur verið lögð þvert yfir svæðið og valdið verulegum spjöllum á verðmætu svæði.

Í töflu 3 er reynt að draga saman helstu niðurstöður þessarar vinnu. Af henni má sjá að nokkuð skiptir í tvö horn varðandi verðmæti einstakra hluta. Miðhluti svæðisins hefur mest gildi en einnig fá norðurhlutinn og umhverfi Ölkelduháls háa einkunn að því undanskildu að þeim hefur báðum verið raskað nokkuð. Suður- og suðvesturhlutinn, þar sem framkvæmdir eru fyrirhugaðar, hafa minna gildi.

Tafla 3. Samantekt: Landslagsgildi helstu hluta Hengilssvæðisins.

	Suðurhluti	SV hluti	Norðurhluti	Miðhluti	Ölkelduháls
Útivist/skoðanakönnun	lágt	miðlungs	hátt	hæst	hátt
Fjölbreytni	lítil	miðlungs	mikil	mjög mikil	mjög mikil
Landslagsfegurð, sjónrænt gildi	minnst	miðlungs	mikil	mjög mikil	mikil
Röskun	mikil	nokkur	dálítil	óveruleg	talsverð

Niðurstöðurnar voru bornar saman við mat Gísla Gíslasonar og Yngva Þórs Loftssonar (1997) á landslagsgildi landslagsheilda á jörðum Reykjavíkur í Grafningi og Ölfusi. Svæðisskipting þeirra er dálítið frábrugðin þeirri sem hér er notuð en niðurstöðurnar virðast svipaðar. Háhengill og Hengladalir (~ miðhluti) og Dyrafjöll, móbergshryggir og Engidalur (~ norðurhluti) fengu hæsta einkunn (A+). Hveragerðisdalur (Ölkelduháls er hluti af því svæði) fengu aðeins lægri einkunn (A). Húsmúli (~ SV - hluti) fékk B en Bitra (Orrustuhólshraun var ekki tekið með) fékk D.

### Jarðmyndanir

Íslenskar orkurannsóknir benda á að á framkvæmdasvæðinu er að finna nokkur dæmi um náttúruminjar sem fólk tekur eftir og aðrar sem verðskulda eftirtekt en fáir veita athygli eða vita um. Sumt af þessu eru hversdagsleg fyrirbæri svo sem hraungíggar og misgengi, en myndu njóta sín til áhersluauka í næstu nálægð við mannvirki.

*Gígaraðir:* Suðurgígarnir í B/C-hrauninu (um 5800 ára), sjá mynd 4, og norðurgígarnir í D-hrauninu (um 2000 ára) eru óskemmdir af gjallnámi. Hér er um að ræða lága gjall- og þó aðallega klepragíga sem ekki hefur þótt neinn slægur í og því verið skildir eftir.

*Misgengi:* Misgengi eru einkum sýnileg vestan til á virkjanasvæðinu og austan til í Skarðsmýrarfjalli. Óvída kæmi til þess að við þeim yrði hreyft. Eitt misgengi skal þó nefnt sem vert væri að láta óhreyft, en gæti orðið fyrir raski af vangá. Það er í B/C-hrauninu neðan við Hellisskarð, nokkurra metra sigstallur sem framburður hefur að vísu fyllt nokkuð að, en er samt glöggur. Þarna má sjá báðum megin við, hvar misgengið sneiðir brekkuna neðan við Búastein og á sama hátt Reykjafellsmegin. Engar líkur eru á að hreyft verði við misgengi þessu þar, umfram það sem orðið er við gamlan skíðastökkpall þar sem menn hafa nýtt sér náttúrlegt þrep í hlíðinni. Aðeins niðri á jafnsléttu gæti það gerst og því er á þetta bent.

*Brennisteinshverir:* Hvilft er vestan í Skarðsmýrarfjalli austan við Sleggjubeinsskarð. Hvilftin er gamalt skriðufar, og skriðubingur neðan undir nær niður að Víkingsskálanum. Í hvilftinni eru töluverðir brennisteinshverir, önnur af tveim slíkum þyrpingum á vestanverðu Hengilssvæðinu. Hverirnir eru raunar bæði í öxlinni sunnan við skriðufarið og í því sjálfu, að hluta til í grjóturð.

*Gígur í móbergsfjalli:* Í Stóra-Reykjafelli eru tveir stórir sprengíggar. Að norðan er Dauðadalur, hinn gígurinn er Hveradalur sunnan í fjallinu, en suðaustan við hann er jarðhitinn sem allir þekkja sem þarna fara um. Gígar þessir eru gufusprengigíggar, myndaðir í grunnu vatni (jökullóni af bræðslu íss) þar sem vatn hefur átt greiða leið að gosrás. Gígveggirnir eru að stórum hluta úr lagskiptu túffi sem að hluta til hefur ekist til og sigið fram í fellingum. Báðir gígarnir eru nánast óspilltir. Dauðadalur má reyndar heita ósnertur, hálflyktur af móbergshafti sem skilur hann frá þriðja gígnum, sem er nyrstur þeirra og minnstur. Fáförult er um Dauðadal, enda má segja að gígurinn í Hveradölum bæti hann upp sem aðgengilegur tvífari.

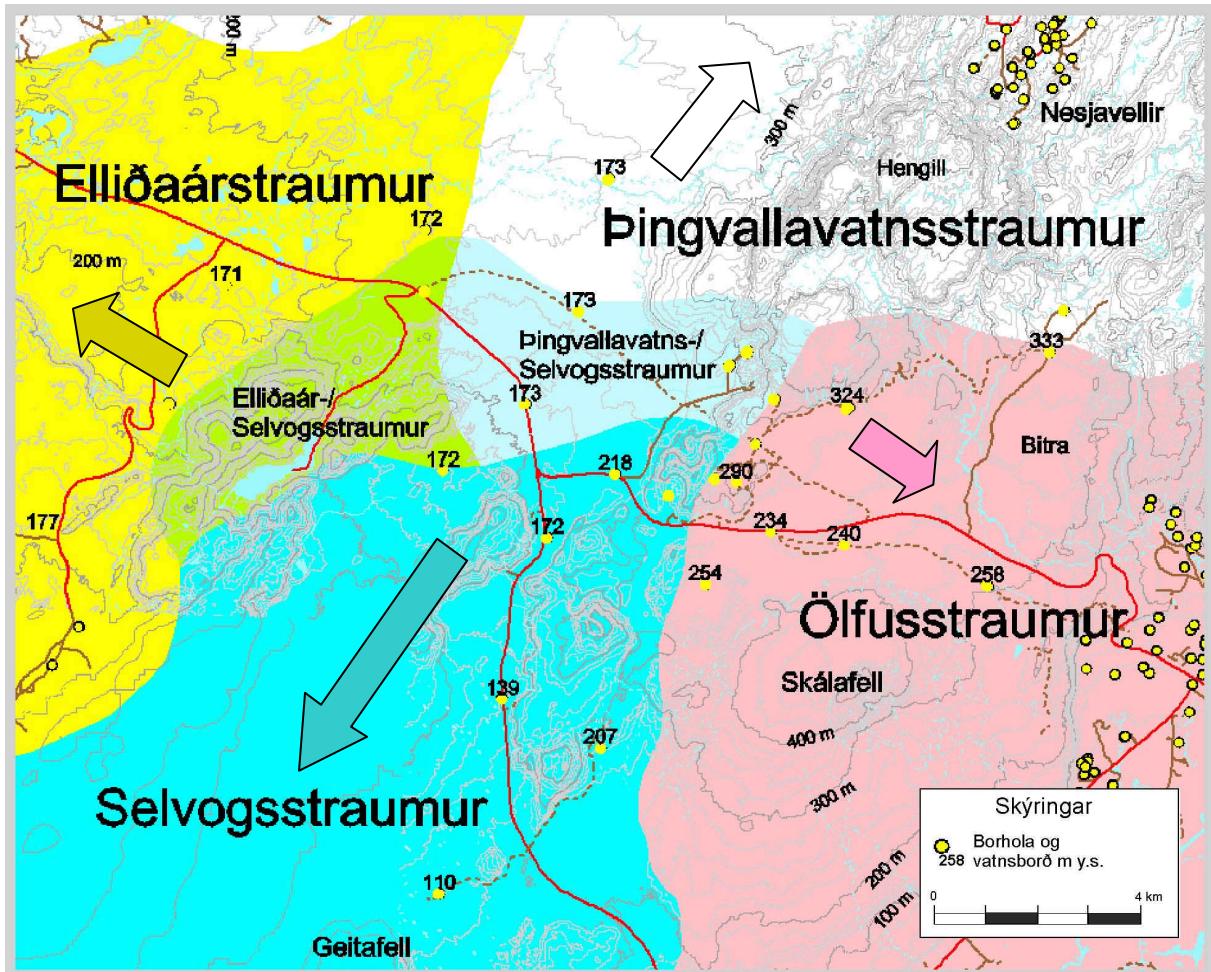
## 2.4 Vatnafar

Veigamikill þáttur í undirbúningi væntanlegrar jarðvarmavirkjunar á suðvestanverðu Hengilssvæði eru rannsóknir á grunnvatni. Þá er meðal annars leitað eftir hentugum stað til öflunar á köldu vatni vegna framleiðslu á hitaveituvatni og einnig hentugu niðurrennsli svæði til losunar affallsvatns í grunnvatn. Einnig er kannað hvaða áhrif vatnsöflun og losun hafi á grunnvatn. Kafli um vatnafar á virkjunarsvæðinu á Hellisheiði og nágrenni þess byggist á greinargerð Gests Gíslasonar (2003) um vinnu verkfræðistofunnar Vatnaskila, Íslenskra orkurannsókna og Orkuveitu Reykjavíkur. Í þeirri rannsóknarvinnu sem farið hefur fram er miðað við að útvega þurfi allt að 2000 l/s af köldu vatni og að allt að 800 l/s af skiljuvatni verði losað í djúpa grunnvatnsstrauma. Rannsóknin hefur miðað að því að finna hvar og hvernig best sé að standa að þessu verki. Athugaðir voru mismunandi vatnstöku- og niðurrennsli staðir til að kanna áhrif vatnstöku og niðurrennsli á nærliggjandi svæði og vatnsból.

Grunnvatnskerfi á svæðinu umhverfis fyrirhugað virkjunarsvæði hefur reynst afar flókið, hefur því þurft að leggja stórt svæði undir grunnvatnsrannsóknirnar. Til vesturs markast svæðið af ströndinni við Faxaflóa og vatnasviði Kleifarvatns, en suðurströndin og Ölfusá takmarka það að sunnan og austan. Þingvallavatn og Esjan takmarka svæðið til norðurs. Á útjöðrum svæðisins voru notuð eldri gögn, en nær virkjunarsvæðinu þurfti að afla upplýsinga með borun nýrra holna. Frá því í maí 2001 hafa verið boraðar 23 vatnskönnunarholur.

Rannsóknasvið Orkustofnunar, nú Íslenskar orkurannsóknir, hefur annast ráðgjöf við verkefnið, svo sem staðsetningu og hönnun á borholum, ákvörðun á þeim eðlisþáttum sem þarf til líkanreikninga o.s.frv. en Verkfræðistofan Vatnaskil hefur annast úrvinnslu á grunnvatnsgögnum. Áður höfðu sömu aðilar unnið reiknilíkan af vatnafari á höfuðborgarsvæðinu, bæði vegna neysluvatnsöflunar og vinnslu á lághitasvæðunum og einnig gert líkan af grunnvatnsstreymi á vatnasviði Þingvallavatns, þar með talið Nesjavallasvæðinu. Reiknilíkanið byggir á veðurfarsmælingum (úrkoma, hitamælingar, snjósöfnun, uppgufun), rennismælingum í ám og lækjum, vatnsborðsmælingum í borholum og jarðfræðilegum þáttum (berggerðir, sprungur, poruhluti, vatnsleiðni, jarðhitaummyndun), og ná margar af þessum mælingum yfir meira en 30 ára tímabil. Öll þessi hermílkön hafa nú verið sameinuð og aukin og liggur nú fyrir vitneskja um grunnvatnsstrauma á rannsóknarsvæðinu. Megineinkennin eru að fjallakeðjan Hengill-Stóra Reykjafell-Stórimeitill-Litlumeitill skipta svæðinu frá suðvestri til norðausturs, enda eru bergmyndanir í þessum fjöllum þéttar vegna jarðhitaummyndunar. Á austurhluta svæðisins, þ.e. á Hellisheiðinni falla vötn til suðausturs niður í Ölfus. Vatnafar er flóknara á vestursvæðinu, en einkennist af „grunnvatnshásléttu“ vestan við Hengilinn sem nær norður á Mosfellsheiði, vestur að Sandskeiði og suður í Þrengsli. Vatnsborð er þarna í um 172 m hæð yfir sjávarmáli og skeikar varla metra til eða frá á um 15 km<sup>2</sup> svæði. Þaðan falla grunnvatnsstraumar til vesturs á vatnasvið Elliðaáa, til norðausturs til Þingvallavatns og síðan fellur mikill straumur grunnvatns til suðvesturs undir fjöllin austan við Bláfjöll og nær til sjávar í Selvoginum (mynd 6). Rauðar línur á myndinni tákna vegi, þeir helstu eru Suðurlandsvegur, Þrengslavegur og Bláfjallavegur.

Reiknað grunnvatnsrennsli til Selvogs og Þorlákshafnar (Selvogsstraumur) er um 18 m<sup>3</sup>/s, rennsli til Þingvallavatns (Þingvallavatnsstraumur) er 9 m<sup>3</sup>/s, rennsli til Ölfuss (Ölfusstraumur) er 6 m<sup>3</sup>/s og rennsli til Straumsvíkur (Elliðaárstraumur) er 8 m<sup>3</sup>/s. Til samanburðar er rennsli í Elliðaánum um 5 m<sup>3</sup>/s að meðaltali (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2003).



Mynd 6. Grunnvatnsstraumar á Hengilssvæðinu (Vatnaskil).

## 2.5 Gróðurfar

### 2.5.1 Gróðurfar á virkjunarsvæði á Hellisheiði og í nágrenni þess

Kafla um gróðurfar á virkjunarsvæði á Hellisheiði og nágrenni byggist á skýrslu Líffræðistofnunar Háskólans, sem gerð var fyrir Orkuveitu Reykjavíkur 2002 (Rannveig Thoroddsen 2002). Markmiðið með vinnu Líffræðistofnunar var að finna, kortleggja, lýsa og meta þau svæði sem hafa sérstöðu vegna flóru og/eða gróðurs auk svæða sem þegar var byrjað að bora á sem og líklegum borstöðum. Stuðst var við gróður- og jarðhitakort ásamt loftmyndum af Hengilssvæðinu og Hellisheiði. Við lýsingu á gróðursamfélögum var byggt á gróðurkortalyklum Náttúrufræðistofnunar Íslands (mynd 7 og mynd 8).

Víðáttumestu gróðurlendin eru mosapemba ásamt grösom og/eða smárunnum. Graslendi kom næst mosagróðri að víðáttu. Stærri og minni votlendissvæði voru á nokkrum stöðum. Ekkert þessara gróðurlenda getur talist sjaldgæft, hvorki á lands- né svæðisvísu. Fjölbreyttustu gróðurlendin voru á svæðinu frá Skarðsmýri og norður eftir inn í Miðdal og Fremstadal. Þar ásamt Ölkelduhálsi var einnig að finna jarðhitagróður eða gróður sem naut góðs af jarðhitanum. Þessi svæði hafa því nokkra sérstöðu hvað varðar sjaldgæf gróðurlendi bæði á lands- og svæðisvísu.

Þar sem mosagróður og graslendi eru einráð var flóran tegundafátæk og oftast var um að ræða mjög algengar tegundir. Þetta eru svæði eins og Stóra-Reykjafell, Skarðsmýrarfjall, Hellisskarð og Ölkelduháls vestan afleggjara. Tegundaaúðugustu svæðin voru Fremstidalur og Húsmúli.



Ekkert svæði skar sig úr hvað varðar tegundaauðgi á landsvísu en á svæðisvísu (Hellisheiði-Hengilssvæði) telst Fremstidalur hafa sérstöðu.

Nokkrar sjaldgæfar tegundir fundust á athugunarsvæðinu, allt jarðhitaplöntur. Naðurtunga og laugadepla fundust á tveimur áður óskráðum vaxtarstöðum. Einnig fundust grámygla og dvergafbrigði af græðisúru.

Stór hluti Hengilssvæðisins, sérstaklega miðhluti þess er lítt raskaður utan fáeina slóða og kofa. Villtur gróður hefur að mestu fengið að dafna án afskipta mannsins, ólíkt mörgum stöðum í nágrenni höfuðborgarsvæðisins. Þó að votlendi sé ekki stór hluti af gróðurfari á Hellisheiði-Hengilssvæðinu þá hefur því votlendi sem finnst á svæðinu lítið verið raskað en óframræst votlendi eru afar fá á suðvesturhorni landsins.

Verndargildi einstakra gróðurlenda á Hellisheiði og Hengilssvæði er hvorki hátt á heimsvísu né landsvísu. Á svæðisvísu er verndargildi gróðurs hins vegar talsvert. Hellisheiði og Hengilssvæðið er í nágrenni höfuðborgarsvæðisins og fá svæði í nágrenni þess eru eins fjölbreytt gróðurfarslega, sérstaklega ef tekið er tillit til þess að svæðið er í um og yfir 350 m y.s. Sérstaða Hellisheiðar og Hengilssvæðis liggur fyrst og fremst í jarðhitanum og þeim sérstaka gróðri sem gjarnan fylgir honum.

Við forgangsröðun svæða voru þau svæði talin mikilvægust sem höfðu fjölbreytilegast gróðurlendi og voru þar af leiðandi oft tegundaauðgust ásamt þeim svæðum þar sem sjaldgæfar tegundir fundust. Fremstidalur var talinn gróðurfarslega mikilvægastur af þeim svæðum sem skoðuð voru.

### 2.5.2 Gróðurfari á vatnsverndarsvæði og áhrifasvæði hitaveituaðar

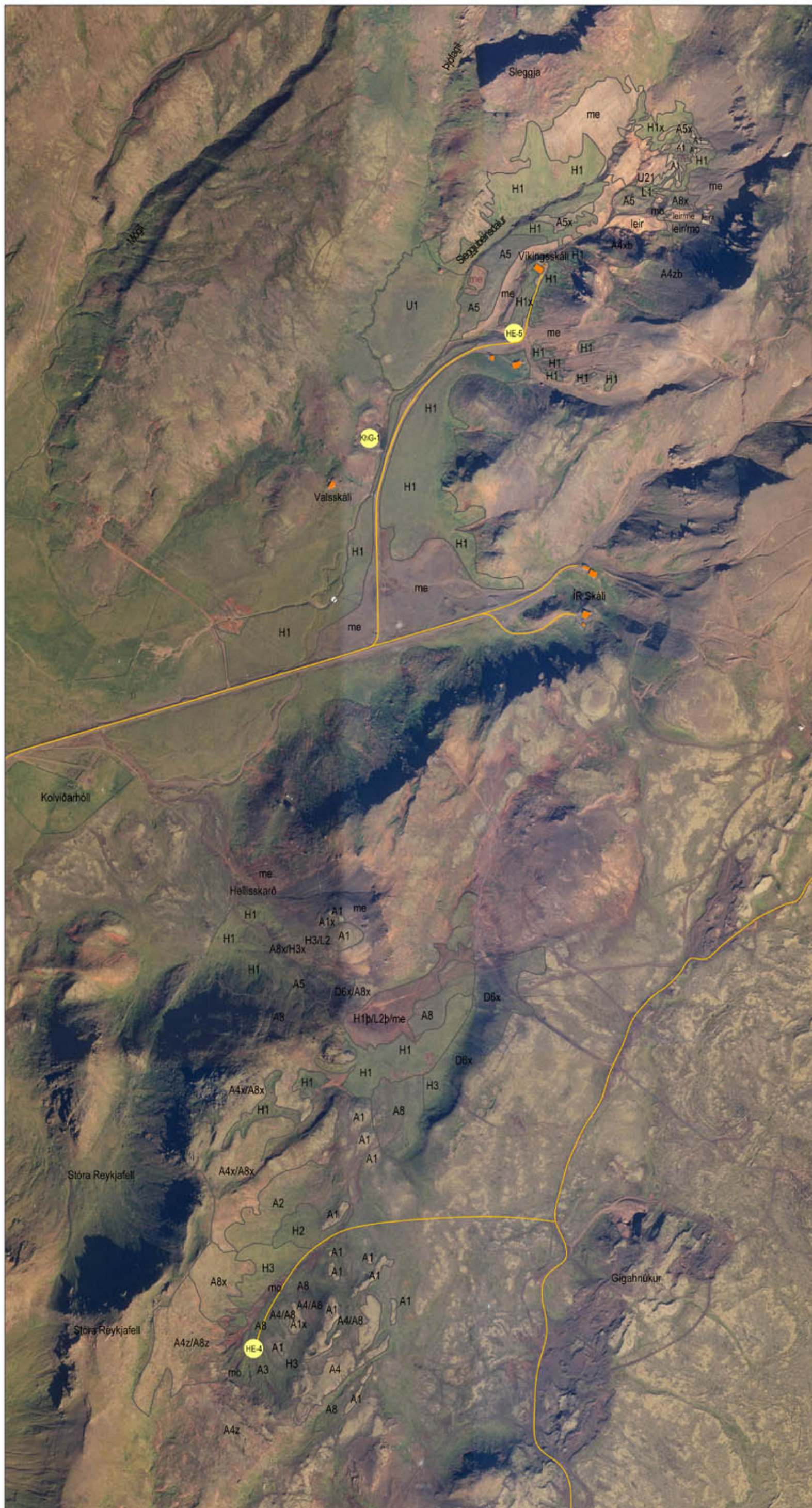
Kafla um gróðurfari á vatnsverndarsvæði og áhrifasvæði hitaveituaðar byggist á skýrslu Náttúrufræðistofnunar Íslands sem gerð var fyrir Orkuveitu Reykjavíkur 2003 (Guðmundur Guðjónsson 2003). Markmið með vinnu Náttúrufræðistofnunar var athugun og kortlagning á gróðurfari á leið fyrirhugaðrar heitavatnslagnar virkjunar á Hellisheiði við Kolviðarhól að Reynisvatnsheiði og á vatnsverndarsvæði vestan við Húsmúla.

Af vatnsverndarsvæðinu og landinu sem fyrirhugað er að heitavatnslögnin liggi um eru til gróður- og jarðakort í mælikvarða 1:25.000. Þau voru gefin út af Rannsóknastofnun landbúnaðarins með stuðningi Hitaveitu Reykjavíkur 1988 og 1989. Frumgögn þessara korta voru notuð sem grunnur að nýju gróðurlandi af rannsóknasvæðinu (mynd 9). Gamla gróður- og landgreiningin var endurteiknuð á myndkort í tölvu og síðan var kortlagningin endurskoðuð á vettvangi vegna breytinga sem orðið hafa á gróðurfari.

Gróðurfari á svæðinu sem hér verður fjallað um, þ.e. við fyrirhugaða heitavatnslögn og á vatnsverndarsvæðinu við Húsmúla, er frekar fábrotið miðað við að það spannar 18 km enda á milli og er 34 km<sup>2</sup> að flatarmáli. Meginhluti landsins er vel gróinn, mest er um mosagróin holt og lágur hæðir með gras- og lynggróðri í lægðum. Líðlega fjórðungur svæðisins er mosagróin hraun. Samfelld votlendi er aðeins að finna á tveimur stöðum þ. e. við eyðibýlið Elliðakot (mynd 10) og í rótum Húsmúla við Draugatjörn (mynd 11). Annað votlendi á svæðinu er það lítið að flatarmáli að ekki er hægt að sýna það á gróðurlandi. Víðáttumikið mosaríkt grasland er á Norðurvöllum og Bolavöllum en ~~VGK~~ við vellina er lítt eða ógróin grýtt land sem er talsvert að flatarmáli. Mikið vallendi er einnig við Kolviðarhól.

Á öllu svæðinu má sjá merki þess að gróður er í framför en ástæða þess er fyrst og fremst minnkandi beitarálag á undanförunum tveimur áratugum. Þar sem land hefur verið alfriðað fyrir beit, eins og t.d. suðvestan við Selvatn, er gróskumikill gróður með blómstöði, grósum og víðirunnum. Fyrirhugað er að heitavatnslögnin liggi mest alla leiðina meðfram raflinum sem þarna eru, en þar hefur land verið grætt upp á nokkrum stöðum.





## Gróðurlykill

### Purrlendi

#### Mosagróður

- A1 Mosapemba
- A3 Mosi með stinnastör og smárunnum
- A4 Mosi með smárunnum
- A5 Mosi með grösom
- A8 Mosi með smárunnum og grösom
- A10 Tildur- og skrautmosar með blóðbergi

### Lyngmói

- B2 Krækilyngsmói ásamt bláberjalyngi og sauðamerg
- B7 Bláberjalyng ásamt krækilyngi og viði
- B9 Aðalbláberjalyng

### Víðigrund og kjarr

- D6 Grasviðir

### Starmói

- G1 Stinnastör
- G2 Stinnastör með smárunnum

### Graslendi

- H1 Grös/graslendi
- H2 Grös með stórum
- H3 Grös með smárunnum
- H6 Finnungur
- H7 Grös með elftingu

### Fléttumói

- J1 Fléttur og smárunnar

### Blómlendi

- L2 Lágvaxnar blómjurtir

### Votlendi

#### Mýri

- U1 Mýrastör og hengistör
- U4 Mýrastör og klófifa
- U5 Mýrastör
- U21 Djáhnappur og/eða lindarskart

### Flói

- V2 Tjarnastör
- V3 Klófifa

### Lítt gróð land

- fl Flag
- me Melur
- mo Moldir
- le Leir
- hr Hraun

### Gróðurþekja

- x Gróðurþekja að meðaltali 75%
- z Gróðurþekja að meðaltali 50%
- þ Gróðurþekja að meðaltali 25%

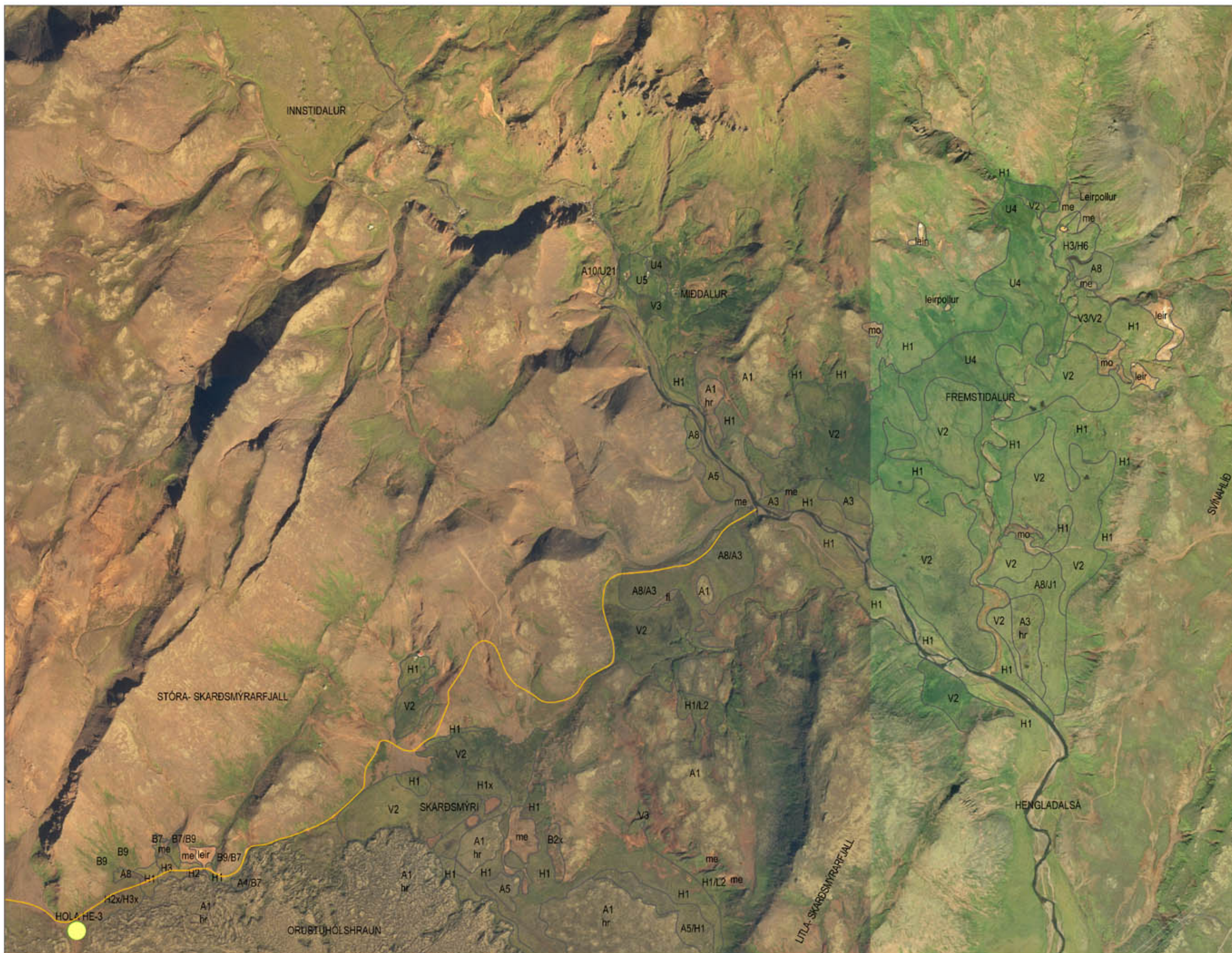
Mkv: 1:10 000



Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.

Mynd 7: Gróðurgreining af völdum svæðum á Hellisheiði





## Gróðurlykill

### Purrlendi

#### Mosagróður

- A1 Mosapemba
- A3 Mosi með stinnastör og smárunnum
- A4 Mosi með smárunnum
- A5 Mosi með grösum
- A8 Mosi með smárunnum og grösum
- A10 Tildur- og skrautmosar með blóðbergi

### Lyngmói

- B2 Krækilyngsmói ásamt bláberjalyngi og sauðamerg
- B7 Bláberjalyng ásamt krækilyngi og viði
- B9 Aðalbláberjalyng

### Víðigrund og kjarr

- D6 Grasvíðir

### Starmói

- G1 Stinnastör
- G2 Stinnastör með smárunnum

### Graslendi

- H1 Grös/graslendi
- H2 Grös með störum
- H3 Grös með smárunnum
- H6 Finnungur
- H7 Grös með elftingu

### Fléttumói

- J1 Fléttur og smárunnar

### Blómlendi

- L2 Lágvaxnar blómjurtir

### Votlendi

#### Mýri

- U1 Mýrastör og hengistör
- U4 Mýrastör og klófifa
- U5 Mýrastör
- U21 Dýjhnappur og/eða lindarskart

### Flói

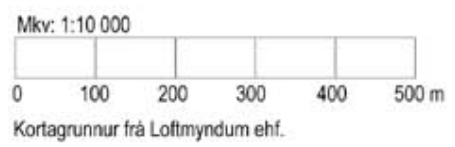
- V2 Tjarnastör
- V3 Klófifa

### Gróðurþekja

- x Gróðurþekja að meðaltali 75%
- z Gróðurþekja að meðaltali 50%
- þ Gróðurþekja að meðaltali 25%

### Lítt gróið land

- fl Flag
- me Melur
- mo Moldir
- le Leir
- hr Hraun



Mynd 8: Gróðurgreining af völdum svæðum á Hellisheiði





# Vatnsverndarsvæði og áhrifasvæði heitavatnslagnar vegna Hellisheðarvirkjunar

Gróðurkort - 1:25.000

## SKÝRINGAR

### ÞURLENDI

- Moel**  
 A1 Moel  
 A2 Moel með stinnastór  
 A3 Moel með stinnastór og smárunnum  
 A4 Moel með smárunnum  
 A5 Moel með grösum  
 A7 Moel með þursaskeggi og smárunnum  
 A8 Moel með grösum og smárunnum

### Mólandi

- B2 Krækilyng - bláberjalyng - sauðamergur  
 B4 Beltilyng - krækilyng - bláberjalyng  
 B5 Beltilyng - sortulyng - krækilyng  
 B8 Holtasóley - krækilyng - víðir  
 B7 Bláberjalyng - krækilyng - víðir  
 F2 Móasaf - smárunnar  
 J1 Fléttumól - smárunnar

### Gras- og blómendi

- H1 Grös  
 H2 Grös með stórum  
 H3 Grös með smárunnum  
 L1 Hávxnar blómjurtir  
 L2 Lágvxnar blómjurtir  
 L3 Lúpína

### Ræktað land

- R6 Uppgræðsla - ræktað graslandi  
 R8 Skógrækt

### VOTLENDI

- Mýri**  
 U1 Mýrastór/stinnastór - hengistór  
 U2 Mýrastór/stinnastór - víðir  
 U4 Mýrastór/stinnastór - klóffa  
 U5 Mýrastór/stinnastór  
 U13 Mýrastór/stinnastór - mýrfling  
 U19 Mýrastór/stinnastór - tjarnastór

### Flóli

- V2 Tjarnastór  
 V3 Klóffa

### ADRAR SKÝRINGAR

#### Skert gróðurþekja

- x Gróðurþekja að meðaltali 75%  
 z Gróðurþekja að meðaltali 50%  
 p Gróðurþekja að meðaltali 25%  
 a Nokkurt grjót í gróðri  
 b Talsvert grjót í gróðri

#### Gróðurlaust eða lítt gróð land

- gt Grjót  
 h/rf Hraun  
 me Meisir  
 mo Meisir  
 aa Bæjar  
 ey Þurrar áreyrar  
 sv Vatn

#### Níðurgreinin heitavatnslagn

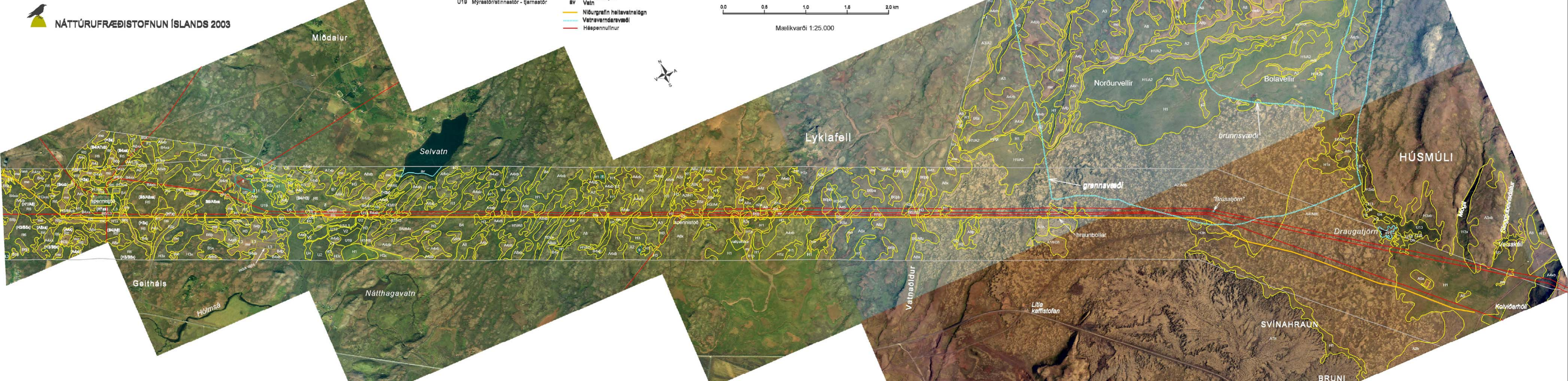
#### Vatnsverndarsvæði

#### Háspennullínur

Myndkort: Loftmyndir ehf 1997  
 Gróðurgreining: Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1987  
 og Náttúrufræðistofnun Íslands 2003  
 Útlit korta: Sigrún Jónsdóttir

Unnlö fyrir Orkuveitu Reykjavíkur  
 og er hluti skýrslu NI-03011

Mæliskvarði 1:25.000







Mynd 10. Horft til norðausturs yfir Elliðakotsmýrar, Sólheimakot fyrir miðri mynd, Hengill í baksýn.

### Reynisvatnsheiði að Lyklafelli

Lega svæðisins yfir sjó er frá tæpum 100 m í Elliðakotsmýrum að tæpum 200 m við spennistöð vestan við Lyklafell. Meirihluti svæðisins er vel gróinn en talsvert er um lítt eða ógróna mela vestan Elliðakotsmýra á Kotási og Hólms- og Reynisvatnsheiði. Vestan vegarins að Dallandi hefur gróðurfarinu verið umbylt með plöntun trjáa í gróið land. Þar hafa einnig nokkrir melar verið græddir upp með sáningu og áburðargjöf. Austan við Elliðakotsmýrar er landið vel gróið. Þar er mosagróður á nokkuð grýttum holtum. Mosi með smárunnum er mest áberandi, en á austurhluta svæðisins er mikið af mosa með grösum og smárunnum. Í dældum og lautum þar sem landið er minna áveðra er mest um graslendi og lyngmóa. Elliðakotsmýrar eru um það bil 60 ha samfelld gróskumikið votlendi. Það var á árum áður ræst fram en skurðirnir eru nú meira og minna stíflaðir og framræslan að miklu leyti gengin til baka. Í flestum skurðanna vex nú tjarnastör, klófífa og ýmiss konar vatnagróður. Líklega er þarna um að ræða stærsta samfellda votlendi í nágrenni höfuðborgarsvæðisins þar sem blautar mýrar og flóar eru ríkjandi. Það er ekki fyrir en komið er efst upp á Mosfellsheiði sem stærri jafn blautar samfelldar votlendismýrar er að finna.

### Lyklafell að Kolviðarhóli

Lega svæðisins yfir sjó er frá 180 m sunnan við Litla-Lyklafell í um 270 m við Kolviðarhól. Svæðið sem heitavatslögnin kemur til með að liggja um á þessum kafla er vel gróið. Mestur hluti þess er algróið hraun en mosagróður, lyngmóar og vallendi utan þess.

Á vestasta hluta leiðarinnar frá Lyklafelli að hraunjaðrinum er gróðurþekjan nokkuð rofin þar sem áveðra er. Á þessum kafla hefur verið grætt upp talsvert af melum vegna lagningar raflínunnar. Þetta hefur tekist vel á mörgum melkollunum og er landið þar, samfara minnkandi beit, óðum að lokast. Náttúrulega gróðrinum á þessum kafla svipar mjög til þess gróðurs sem lýst er á svæðinu frá Elliðakotsmýrum að Lyklafelli nema hvað gróðurinn er grasgefnari og minna af hreinum lyngmóa.

Leiðin þar sem fyrirhugað er að leggja heitavatsleiðsluna um Svínahraun er um 6 km löng. Þarna er algróið hraun með ríkjandi mosagróðri. Norðan við Litlu kaffistofuna stingur áferð hraunsins á um 15 ha svæði í stúf við áferð hraunsins almennt. Þar er um að ræða meira apalhraun sem gæti, miðað við gróðurfarið, verið yngra en hraunið í kring. Þarna er hreinn mosagróður með mjög litlu af fylgitegundum. Þó gróðurinn í þessu kargahrauni sé ekki margbrotinn eru þar tveir athyglisverðir 3–5 m djúpir bollar sem eru vel grónir gras-, lyng- og blómgróðri. Annað náttúrufyrirbæri á svæðinu er lítil

falleg tjörn undir háspennulínu rétt norðan við fyrirhugaða heitavatslögn. Í kringum tjörnina er lítil mýrarstarmýri, við bakka hennar er klófífluóablettur og í tjörninni sjálfri vex mógrafarbrúsi. Tjörnin er merkt inn á gróðurkortinu sem „Brúsatjörn“.

Frá því hrauninu sleppir og að Kolviðarhóli er gróðurfarið mjög einsleitt. Þar er um að ræða rennisléttu graslendisvelli sem að hluta til eru það mosaríkir að þeir flokkast sem mosi með grösom og smárunnum.

Norðan við vallendið tekur við gróskumikið votlendi við Draugatjörn við rætur Húsmúla. Þetta votlendi er annað af tveimur samfelldum votlendissvæðum á öllu kortlagða svæðinu. Þarna er fjölbreytt blautt mýrasvæði með flóabletti vöxnum klóffu. Votlendið á þessum stað er mjög mikilvægt fyrir lífríki svæðisins vegna þess hve lítið er um votlendi á þessum slóðum.

### **Vatnsverndarsvæði við Húsmúla**

Vatnsverndarsvæðin sem sýnd eru á gróðurkortinu vestan og sunnan við Húsmúla eru tvö. Minna svæðið er kallað brunnsvæði og stærra svæðið er svokallað grannsvæði.

Mestur hluti brunnsvæðisins er flatlendi sem tilheyrir Bolavöllum en nyrsti hluti þess nær þó upp í illa grónar hæðirnar þar norður af. Gróðurfur á Bolavöllum er aðallega vallendi með grös sem ríkjandi gróðurfélag. Graslendið þarna er mjög mosaríkt en helstu grastegundir í því eru vallarsveifgras, túnvingull og bugðupunktur. Í hlíðinni er stærstur hlutinn grýttur, lítt- eða ógróinn melur. Þar er líka talsvert af mosagróðri.

Á Bolavöllum og Norðurvöllum eru árstíðabundnir vatnsfarvegir sem eru þurrir mest allt sumarið. Hluti þeirra er gróinn mosabembu en aðalfarvegurinn er grýttur og ógróinn. Í honum eru vegslóðar sem hafa verið lagfærðir vegna borframkvæmda á svæðinu.

Grannsvæðið var ekki allt kortlagt. Gróðurfarið innan þess er í meginráttum sambærilegt við gróðurfarið á brunnsvæðinu fyrir utan þann hluta sem nær yfir Svínahraun og lýst hefur verið hér að ofan.

## **2.6 Dýralíf**

### **2.6.1 Fuglalíf**

Kafli um fuglalíf byggist á skýrslu Líffræðistofnunar Háskólans um könnun á fuglalífi á Hengli og Hellisheiði, sem gerð var fyrir Orkuveitu Reykjavíkur 2001-2002 (Arnþór Garðarson 2002).

Könnun á fuglalífi á Hengli og Hellisheiði var gerð í maí-júní 2001. Markmið könnunarinnar var að afla gagna til að meta hugsanleg áhrif af borunum og virkjun jarðgufu á þessu svæði. Metinn var þéttleiki varpfugla í mismunandi búsvæðum á svæðinu og hugað að sjaldgæfum tegundum.

Könnunin náði til um 90 km<sup>2</sup> svæðis í Hengli og nágrenni, sem er að nokkru móbergsfjöll, hraun frá nútíma og heiðalönd. Talið var á 100 m breiðum sniðum, samtals um 63 km að lengd og því um 7% af flatarmáli athugunarsvæðisins. Sniðin voru talin með stöðluðum aðferðum, sem hafa reynst henta vel til þess að fá fljótlegt mat á þéttleika landfugla á varptíma, en veita auk þess skipulagt aðhald, þannig að landið er skoðað með mikilli nákvæmni og því líklegra en ella að sjaldgæfar eða felugjarnar tegundir finnist.

Athugunarsvæðið afmarkaðist að sunnan af Norðurhálsu, að vestan af Svínahrauni, Bolavöllum og Mosfellsheiði, að norðan af Dyradal og að austan af Ölkelduhálsi og Bitru. Hæð yfir sjó er víða um 350 m, lægstu punktar eru í um 200 m (Bolavellir vestan Húsmúla) en hæstu tindar Hengils eru rúmlega 800 m y.s. Eðlilegt er að skipta svæðinu í búsvæði eftir landslagi, vatnafari og gróðri, enda líklegt að þessi atriði ráði mestu um útbreiðslu og þéttleika fuglategunda. Mjög lítið er um stöðug vötn á svæðinu. Suðvestan undir Húsmúla er Draugatjörn (um 2 ha) og Hengla dalsá er eina vatnsfallið.



**Mynd 11. Draugatjörn, séð frá Húsmúla.**

Tegundir varpfugla á svæðinu eru allar útbreiddar og algengar í svipuðum gróðurlendum um land allt. Fyrstu athuganir benda þó til þess að þéttleiki fugla á Hellisheiði og Hengli sé tillölulega lítill. Líklegasta skýringin á því er að vatnsskortur takmarki undirstöður fuglalífs á þessu svæði.

1. *Mosaheiði*. Þéttleiki varpfugla var að meðaltali 29 pör/km<sup>2</sup>. Algengustu fuglarnir voru heiðlóa, þúfutittlingur og spói. Alls fundust 12 tegundir varpfugla. Lítill munur var á þéttleika og tegundasamsetningu á tveimur helstu heiðasvæðunum, Bitru og Mosfellsheiði.
2. *Mosaþemba á hrauni*. Þéttleiki varpfugla var aðeins 15 pör/km<sup>2</sup> og tegundir aðeins 7. Mest var af heiðlóu.
3. *Graslendi*. Tegundir varpfugla voru 8 alls og að miklu leiti þær sömu og á heiðinni. Þéttleiki var mun meiri eða um 100 pör/km<sup>2</sup>. Mest var af heiðlóu, stelki og þúfutittlingi, en einnig nokkuð af spóa og hrossagauki.
4. *Mýrlendi*. Þéttleiki var sá mesti sem fannst á svæðinu eða 111 pör/km<sup>2</sup> og tegundir 7. Mest var af heiðlóu, hrossagauki og þúfutittlingi, en einnig fundust lóupræll og stelkur.
5. *Fjallendi*. Fjöldi varptegunda var 8, en þéttleiki lítill, 28 pör/km<sup>2</sup> þar sem einhverjir fuglar fundust. Mest var af heiðlóu, steindepli og snjóttittlingi, en einstöku sendlingar sáust á raklendum stöðum og sandlóa kom þar einnig fyrir.
6. *Hlíðarfætur*. Þéttleiki var nokkru meiri en í fjallendinu almennt eða um 45 pör/km<sup>2</sup>. Tegundir varpfugla voru alls 11 en tegundasamsetning að mestu sú sama og í fjallendinu. Smyrill og skógarþröstur fundust einungis á þessu búsvæði.
7. *Vatnafugla*. Á Draugatjörn sáust stökkönd, rauðhöfði og urtönd en óðinshani í nágrenni tjarnarinnar. Á Hengladalsá í Fremstadal sást toppandarpar.

Vitað er um eitt gamalt fálkasetur á athugunarsvæðinu en fálka varð ekki vart vorið 2001, enda lítið af rjúpu og því líklegt að fálki sé einnig í lægð.

### 2.6.2 Smádýralíf

Kafla um smádýralíf byggist á skýrslum Líffræðistofnunar Háskólans um könnun á smádýralífi á Hellisheiði, við Stóra-Reykjafell, Skarðsmýrarfjall, í Hellisskarði og Sleggjubeinsskarði (Iris Hansen og Jón S. Ólafsson 2002) og á skýrslu Líffræðistofnunar Háskólans um könnun á smádýralífi í vötnum á Hellisheiði (Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason 2002), en þær voru gerðar fyrir Orkuveitu Reykjavíkur 2002.

Könnun á smádýralífi á Hellisheiði var gerð á tímabilinu júní – september 2001. Markmið smádýrannsóknanna var fyrst og fremst að fá upplýsingar um magn og gerðir smádýra-samfélaga við fyrirhuguð athafnasvæði Orkuveitu Reykjavíkur á Hellisheiði og afla þannig grunnvitneskju um smádýralíf í mismunandi búsvæðagerðum.

Dýrum var safnað í fallgildrum á fjórum stöðum. Svæðin voru í Sleggjubeinsskarði, í Hellisskarði, við holu HE-4, austan við Stóra-Reykjafell og við holu HE-3, sunnan við Skarðsmýrarfjall.

Búsvæðin sem smádýr voru veidd úr í Sleggjubeinsskarði voru fjölbreytt, en í Hellisskarði voru veiðisvæðin hins vegar mun einsleitari. Við holu HE-4 var gróskumikið land, en við holu HE-3 var land þurrara, en líkt að öðru leyti svæðunum við holu HE-4.

Smádýrum var safnað innst og efst í Sleggjubeinsskarði: Í fyrsta lagi milli hveraaugna í grýttri gróðurlausri brekku. Þar mældist mestur hiti við gildrunar og nokkur gufa steig frá hverunum. Í öðru lagi á hrygg sem gengur fram þar fyrir neðan, í gróðurlausum og grýttum jarðvegi án jarðhita. Í þriðja lagi í um 1 til 2 metra fjarlægð frá þurrari hveraugum en voru á fyrsta staðnum, í gróðursnauduðum smágrýttum moldarjarðvegi. Á fjórða staðnum var þykk mosapamba. Fimmti staðurinn var grasbali í laut með læk í jaðrinum.

Í Hellisskarði voru þrjú búsvæði valin til sýnatöku, sem voru í vesturhlíð skarðsins og í námunda við vegslóða. Svæði 1 var gróðurlítill skriða, svæði 2 mói og svæði 3 grasbali.

Við borholu HE-4, austan við Stóra-Reykjafell, var smádýrum safnað af tveimur stöðum. Í grasbala rétt við framkvæmdasvæðið og mosapambu í um 100 m fjarlægð frá borholunni.

Við holu HE-3 var safnað í meiri fjarlægð frá sjálfri borholunni en við holu HE-4. Í gróðurlausri moldar- og leirbrekku með brennisteinsútfellingum og jarðhita, á þykkri mosapambu í hrauni og í lyng- og grasbrekka.

Smádýralíf er allfjölbreytilegt á Hellisheiði. Af þeim stöðum sem rannsakaðir voru á Hellisheiði er verndargildi svæðanna í Sleggjubeinsskarði mest, vegna þess hve búsvæðin þar eru fjölbreytt og vegna þess að þar fundust tegundir sem eru sjaldfundnar á Íslandi.

### 2.6.3 Smádýralíf í vötnum

Að beiðni Orkuveitu Reykjavíkur tók Líffræðistofnun Háskólans að sér könnun á smádýralífi í völdum vötnum á Hellisheiði. Um er að ræða vötn vestan Hengilsins, sem eiga að miklu eða öllu leyti uppruna sinn í heitum lindum eða gufuhverum. Markmið könnunarinnar var að afla grunnþekkingar um smádýralíf í vötnum á Hellisheiði og við Hengil, þannig að nýta megi við kortlagningu svæða á Hellisheiði og við Hengil með tilliti til verndarflokkunar.

Hengladalsá kemur upp í suðurhlíðum Hengilsins, í Innstadal og úr norðurhlíðum Skarðsmýrarfjalls. Vatn árinna er að mestu samansafn úr heitum uppsprettum sem renna í ána auk vatns sem fellur til vegna úrkomu á vatnsviðinu. Áin rennur um Þrengslin niður á sléttlendi í Miðdal og Fremstadal, austan við Litla Skarðsmýrarfjall, síðan til suðurs fram með Bitru. Þar rennur áin um nokkuð vel gróið land og sandeyrar. Sýni voru í fyrsta lagi tekin á sandeyrum suðaustan við Litla Skarðsmýrarfjall. Eyrarnar eru að mestu grónar við sýnatökusvæðið, nema á þeim svæðum þar sem áin breiðir úr sér í flóðum. Botninn var alsettur smáum steinum og sandi. Gróður var mikill í ánni á þessum stað, einkum við bakkana. Þörung- og bakteríuskánir á steinum voru mjög áberandi og bera merki um áhrif jarðhitans ofar í ánni. Í öðru lagi við hraunjaðar í vel grónu landi, suðvestan við Smjörþýfi. Á þessum stað var



botn árinna fremur grýttur og sendinn. Þörungagróður var ekki eins áberandi og á fyrsta staðnum. Í þriðja lagi voru sýni tekin efst í Kömbunum, rétt áður en áin rennur niður í Nóngil. Þar rennur áin í mjög stórgrýttum farvegi á milli stórra bjarga, en þar á milli eru hyljir með grjóti. Stórgrýtt var meðfram bökkunum og mjög lítið set í árfarveginum. Á þessum stað var gróður fremur lítill, en bakkarnir voru sæmilega vel grónir.

Lækur í Sleggjubeinsskarði: Sýni voru tekin um 300-400 m ofan við skíðaskála Víkings. Vatn í læknum er að hluta eða miklu leyti úr heitum hverum ofar í gilinu og ber gróður í læknum þess glögg merki, en ryðbrún þörung- og bakteríuslíkja einkenndu farveg lækjarins. Umhverfi lækjarins og skarðið sjálft er nánast gróðurlaust.

Draugatjörn er í lægð við rætur Húsmúla, suðvestanvert. Að öllum líkindum er tjörnin grunn, þar sem botngróður sást víða hafa vaxið upp í vatnsyfirborðið. Bakkar tjarnarinnar voru vel grasi grónir. Við bakkana var tjarnarbotninn nokkuð grýttur, en auk þess einkenndist hann af fíngerðu seti er utar kom. Gróskumikill vatnagróður var meðfram tjarnarbökkunum, meðal annarra tegunda sem sáust, má nefna lónasóley, síkjamara og nykru. Í Draugatjörn voru dýr einungis háfuð úr vatninu meðfram bökkum.

Þau straumvötn sem rannsókuð voru á Hellisheiði eru á margan hátt sérstök, einkum af því leyti að upptök vatnanna eru að miklu eða öllu leyti heitar lindir eða affall af háhitasvæðum. Upplýsingar um slík vatnakerfi eru fremur fátæklegar þrátt fyrir að slík vötn séu ekki óalgeng á Íslandi, einkum innan virka gosbeltisins. Þar er að finna vötn sem að öllu jöfnu er með háan styrk uppleystra jóna, sem oft skilar sér í mikilli framleiðslu þessara sömu vatnakerfa. Þéttleiki botndýra getur vart talist hár, hvort heldur er í Hengladalsá eða í læknum í Sleggjubeinsskarði, sé miðað við vatnsföll sem upprunnin eru í heitum lindum, sambærileg að stærð og á svipuðum berggrunni. Þetta á einnig við ef þéttleiki botndýra er borinn saman við mældan þéttleika í Varmá. Hins vegar, er sammerkt með öllum þessum vötnum hve ríkjandi þáttur rykmýsins er í vatnakerfunum. Þetta kemur einnig berlega í ljós bæði í Hengladalsá og í læknum í Sleggjubeinsdal. Fjölbreytileiki botndýra var mestur í læknum í Sleggjubeinsskarði, en nokkuð lægri í Hengladalsá. Til samanburðar var fjölbreytileiki botndýra mun meiri í ám og lækjum í austanverðum Henglinum en í vötnum sem falla af vestanverðum Henglinum. Samsetning botndýrafánunnar er nokkuð frábrugðin á milli svæðanna í austanverðum Henglinum og í Hengladalsá og í Sleggjubeinsskarði. Ólíklegt er að þessi munur stafi af því að rannsóknirnar voru framkvæmdar á mismunandi árstímum.

Í lækjum og ám sem eru undir hitavatsáhrifum má gera ráð fyrir að vöxtur þörung- og efnaskiptahraði lífvera sé mun meiri en almennt gerist í vatnsföllum. Þessi vistkerfi eru líklega einnig eldri en þau köldu, þar sem umhverfis þessi svæði var fyrr íslaut í lok síðustu ísaldar a.m.k. nálægt laugum og hverum. Því má gera ráð fyrir að framleiðni þessara heitu vatnsfalla geti verið mun meiri en vatnsfalla sem koma úr köldum lindum á svipuðum vatnasviðum með tilliti til gróðurfars og landslags. Niðurstöður þessara rannsókna, ásamt fyrri rannsóknarniðurstöðum, benda til þess að fáar tegundir séu einskorðaðar við heita læki, heldur sé um sömu tegundir að ræða og finnast í öðrum gerðum vatnsfalla. Hins vegar gæti lífssaga þessara tegunda verið töluvert mismunandi m.a. með tilliti til vatnshita.

Vötn á Hellisheiði og við Hengilinn eru ekki algeng. Verndargildi þeirra verður því að teljast nokkuð. Tegundasamsetning botndýra í þeim svipar til þess sem finnst víða annars staðar á landinu. Á landsvísu hafa þau því ekki hátt verndargildi.

Vötn sem eiga upptök sín í jarðhitavatni hafa mikið rannsóknar- og upplýsingagildi. Þessi vötn eru aðallega á eldvirka svæðinu, en finnast einnig annars staðar þar sem eru laugar. Meðan lífríki þeirra hefur ekki verið skoðað á skipulagðan hátt, er erfitt að skera úr um vísinda- og upplýsingagildi vatna á Hellisheiði og á Hengilssvæði.

Lífríki vatna á Hellisheiði og við Hengil er breytilegt milli svæða. Vötn í austanverðum Henglinum eru tegundaríkari og með meiri þéttleika en í vestanverðum Henglinum. Þau hafa því meira verndargildi. Samanburður við önnur svæði er erfiður vegna skorts á upplýsingum.

Líkleg áhrif virkjana á vatnalíf á Hellisheiði tengist einkum minnkun á affalli náttúrulegs jarðhitavats, hvernig fráveitu verður háttað og breytingar á grunnvatnsstöðu. Þessir þættir gætu dregið úr jarðhitavatni í straumvötnunum vegna lægri grunnvatnsstöðu og aukið þéttivatn sem er með lágan efnastyrk. Þær breytingar sem helst verða er að kulmý mun ná fótfestu í ám og lækjum verði eingöngu kalt vatn í þeim og bogmý verður algengara. Þannig mun vatnalífið verða líkara því sem er í ám sem renna úr köldum lindum.

## 2.7 Lífríki hvera

Umfjöllun um lífríki hvera byggir á skýrslu Rannsókn- og fræðaseturs Háskóla Íslands í Hveragerði (Tryggvi Þórðarson og Sólveig K. Pétursdóttir 2002). Sumarið 2002 fór fram athugun á lífríki hvera á þremur afmörkuðum stöðum á Hellisheiði, í Sleggjubeinsdal, Hveradölum og Bakarabrekku undir hlíðum Skarðsmýrarfjalls. Á öllum þessum stöðum eru merki um gamla jarðhitavirkni (ummyndanir) sem benda til að hverir hafi verið þar lengi. Athugunin var gerð til að safna grunnupplýsingum um lífríki hvera á rannsóknarsvæðinu og leggja mat á verndargildi þeirra.

Hverir eru tiltölulega fáir á yfirborði jarðar sé miðað við annað votlendi. Bæði af þeim sökum og vegna sérstæðra umhverfisskilyrða í hverum hafa þeir svipaða stöðu og eyjar í hafi varðandi dreifingu lífvera. Því er flutningur lífvera milli hvera mun meiri vandkvæðum bundinn en milli annarra vatnagerða. Hverir eru fyrst og fremst búsvæði örvera þótt æðri dýr og plöntur eigi einnig sín búsvæði í og við laugar og hveri. Dæmi um mismunandi gerðir hvera eru: Gufuhverir, leirhverir og vatnshverir. Vatnshverir eru sjaldgæfir á háhitasvæðum.

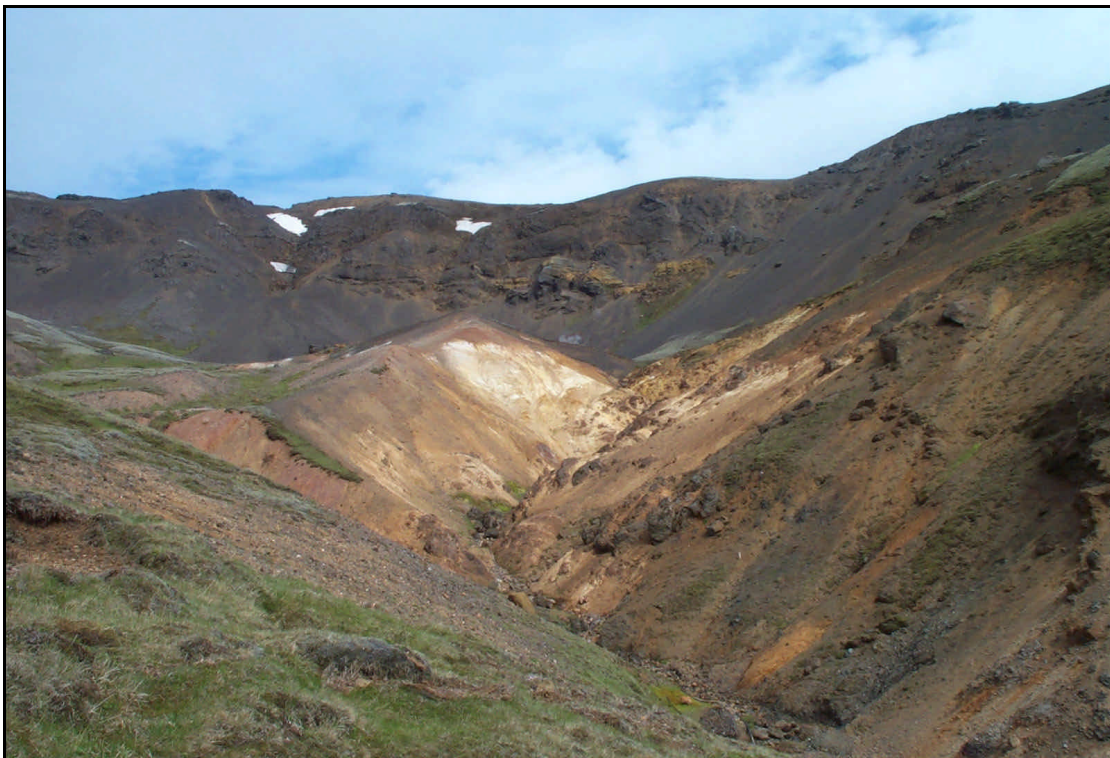
Nýting jarðhita getur hugsanlega haft áhrif á yfirborðsvirkni jarðhita og þar með lífríki hvera. Tvær meginforsendur þess að hveralífverur geti þrífist er nægilegur hiti og vatn eða raki (Tryggvi Þórðarson og Sólveig K. Pétursdóttir 2002). Auk þessara þátta er það m.a. efnastyrkur vatns og gufu sem hefur áhrif á það hvaða lífverusamfélög geta setið hverina.

Þeir umhverfispættir sem vitað er að skipta miklu máli um það hvaða tegundir geta hafst við í hverum eru hitastig, sýrustig og uppleyst efni, sérstaklega súrefni og brennisteinssambönd en einnig m.a. járnambönd og vetni. Samfélög örvera í hverum eru mjög einkennandi fyrir ákveðnar gerðir hvera hvað þessa þætti varðar. Þau atriði sem vega þyngst í mati á verndargildi varmalinda eru gerð, staðsetning, sögulegt gildi, lífríki, áhrif á útbreiðslu lífvera, áhrif á aðrar vatnagerðir, efnainnihald vatns og umfang röskunar.

Hverirnir sem rannsakaðir voru á Hellisheiðarsvæðinu eru flestir gufuhverir en því til viðbótar er að finna í Sleggjubeinsdal laugar, leirkennda vatnshveri og volgan læk og í Hveradölum vatnshveri, leirhveri og heitan læk. Gufuaugun bera víðast einkenni súrrar, brennisteinsríkrar gufu. Uppsöfnun brennisteins og lítill lífmassi þörungagróðurs við augun benda til að gufan sé nægilega þurr eða í það litlu magni að þéttivatn örvi yfirleitt ekki þörungavöxt og skoli ekki burt brennisteinsútfellingum. Örverulífríki umhverfis síru gufuaugun er því ekki fjölbreytt að tegundum eða með áberandi lífmassa. Eitthvað meiri fjölbreytileika má vænta í leirhverunum og í afrennsli leirkennds vatnshvers í Sleggjubeinsdal. Í laugum í Sleggjubeinsdal og í læknum við vatnshverina í Hveradölum var að finna vistkerfi sem einkenna hlutlausu og jafnvel basíska vatnshveri og laugar, m.a. dæmigerða tegund þörungna (*Mastigocladus laminosus*) og þrjú einkennisdýr slíkra hvera. Þar er talið að fjölbreytileiki tegunda sé mestur. Talsverður fjölbreytileiki er hugsanlega einnig á aðalhverasvæðinu í Hveradölum. Þar eru súr gufuaugu, súrir vatnshverir og súlfíðríkir vatnshverir á litlu svæði auk þess sem afrennsli hveranna hitar nálægan læk þar sem sýrustig er nálægt hlutlausu. Í Hveradölum er einnig dýralífið mest, aðallega vegna lækjarins. Þar er að finna fjölbreytta lífvist á frekar afmörkuðu svæði sem ætla má að geti leitt til fjölbreytileika í hverategundum á svæðinu. Í Bakarabrekku reyndust engar hveraörverur merkjanlegar, sennilega vegna þurrks en hár hiti og lítill gufuvirkni einkenndu svæðið.

Hveravirkni er á fjórum stöðum í Sleggjubeinsdal (mynd 12), efst í fyrsta þvergilinu er gufuhver, í lækjarfarvegi í næsta gili eru nokkrar litlar, rúmlega 60 °C heitar laugar, vestan í hólnum innst í dalnum

eru brennisteinshverir og í skriðunni austan og ofanvið hólinn eru gufu- og brennisteinshverir, þeir öflugustu sem eru að finna í dalnum. Einkennandi fyrir jarðhitann í Sleggjubeinsdal er hár styrkur koltvöldis (CO<sub>2</sub>) og brennisteinsvetnis (H<sub>2</sub>S) í gufunni. Laugar í þvergili í austanverðum Sleggjubeinsdal voru skoðaðar nánar en aðrir hverir á rannsóknarsvæðinu. Ástæðan var sú að á grundvelli eðliseiginleika og útlits lauganna var búist við lífríkið þar væri fjölbreytilegast. Tegundasamsetning lauganna var því könnuð sérstaklega bæði með ræktun og erfðagreiningu og sérstakt mat lagt á fjölbreytileika lífríkisins í laugunum. Af þeim u.þ.b. 200 sýnum sem erfðagreind hafa verið úr íslenskum hverum eru aðeins sýni úr tveimur sem hafa svipaða eðliseiginleika og laugarnar í Sleggjubeinsdal, þ.e. um 60°C heitar og pH 6, á Ölkelduhálsi og við Kleifarvatn. Samanburður við greindar tegundir í þeim bendir til að fjölbreytileikinn í laugunum í Sleggjubeinsdal sé meiri. Tegundasamsetningin var talsvert ólík milli hveranna svo líklega eru umræddir hverir ólíkir í efnasamsetningu og öðrum eðlisþáttum. Í laugunum í Sleggjubeinsdal fundust auk þess 10 DNA-raðir (hugsanlegar tegundir) sem ekki hafa fundist í íslenskum hverum áður. Miklar ályktanir verða þó ekki dregnar af þeirri staðreynd að fjölbreyntin er mest í laugunum í Sleggjubeinsdal. Til þess voru samanburðarsýnin of fá.



Mynd 12. Úr Sleggjubeinsdal.

## 2.8 Menningarminjar

### 2.8.1 Virkjunarsvæðið á Hellisheiði

Snemma árs 1997 hófst á vegum stofnana Reykjavíkurborgar fornleifaskráning á Hengilssvæðinu. Fornleifar á afrétti Ölfushrepps voru skráðar af Fornleifastofnun Íslands 1998 (Orri Vésteinsson 1998), sjá mynd 13. Hitaveita Reykjavíkur (nú Orkuveita Reykjavíkur) kostaði rannsóknirnar á afrétti Ölfushrepps en Árbæjarsafn hafði umsjón með verkefninu af hálfu Reykjavíkurborgar. Fornleifastofnun Íslands kannaði fornleifar á virkjunarsvæðinu í tengslum rannsóknaboranir á Hellisheiði (Orri Vésteinsson 2001) og virkjunarframkvæmdir (Adolf Friðriksson og Uggi Ævarsson, 2003).

Svæði það sem skráð var á Hengilssvæðinu 1997-1998 er hluti af hálendi Íslands og er allt herra en svo að þar hafi verið hægt að stunda hefðbundinn búskap við venjuleg skilyrði. Helstu nytjar af



svæðinu hafa verið sumarheit búfjár, einkum sauðfjár og nautgripa, en slík not skilja yfirleitt ekki eftir sig miklar minjar.

Hengilssvæðið er hinsvegar óvenjulegt meðal hálendissvæða á Íslandi því að þar eru allmiklar minjar eftir umsvif í sumarbithögum en miklu meiri minjar eru þó tengdar samgöngum því margar fjölfarnar þjóðleiðir liggja um svæðið. Af þessu leiðir að allmargar sögur eru til af atburðum sem gerst hafa á svæðinu og eru þannig óvenjumargir þjóðsögustaðir skráðir þar. Svæðið hefur sérstöðu enn þann dag í dag því um það liggur helsta umferðaræðin milli Suðurlands og höfuðborgarsvæðisins og er það fjölsótt útivistarsvæði bæði um sumar og vetur. Á Hengilssvæðinu fara því saman óvenjumiklar fornminjar og óvenjumikil umferð manna miðað við önnur hálendissvæði.

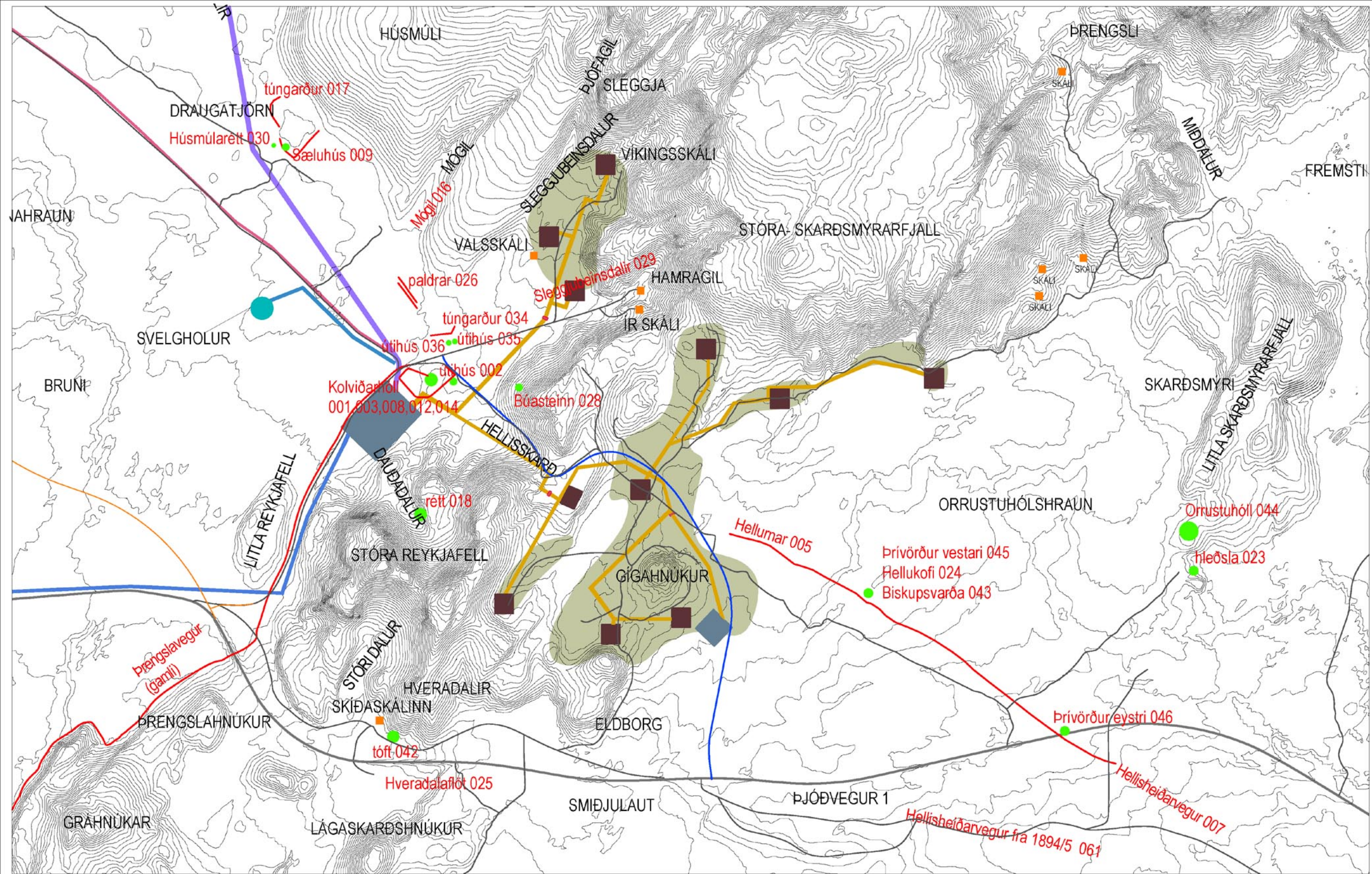
Samkvæmt lögum eru öll mannvirki eldri en 100 ára skilgreind sem fornleifar en við skráninguna var notuð aðeins víðari skilgreining. Allar byggingar úr torfi og grjóti eru skráðar sem og önnur mannvirki sem eru vitni um horfið verklag eða tækni. Þar með geta t.d. talist vörður á fjallvegum, en þær hafa sumstaðar verið hlaðnar í öryggisskyni allt fram á þennan dag. Skráðir voru 64 staðir á svæðinu öllu.

Þau mannvirki sem reist hafa verið á skráningarsvæðinu hafa að mestu leyti sloppið við skemmdir af völdum framkvæmda á 20. öld. Það eru einkum mannvirki á Kolviðarhóli sjálfum, þ.e. leifar eldri sæluhúsa, sem hafa skemmst af völdum yngri bygginga þar og elstu vegamannvirki frá lokum 19. aldar sem hafa skemmst af seinni vegagerð. Þá hafa línulagnir einnig skemmt hellur með rásum í á Hellisheiðarvegi. Töluverðar framkvæmdir hafa verið á svæðinu í sambandi við uppbyggingu útivistar, skálabyggingar með tilheyrandi vegalögnum, en slíkar byggingar eru í öllum tilfellum fjarri minjastöðum. Hellukofinn, rásirnar á Hellisheiðinni og vörðurnar á hinni fornu leið eru friðlýstar minjar, sem eru ómerktar.

### **2.8.2 Hitaveituæð frá Kolviðarhóli að Reynisvatnsheiði**

Fyrsti hluti hitaveituæðar er í Sveitarfélaginu Ölfusi þar sem fornleifar hafa verið skráðar eins og kemur fram hér að framan. Fornleifar voru einnig kannaðar á leiðinni frá Kolviðarhóli að Lyklafelli í tengslum við mat á umhverfisáhrifum Búrfellslínu 3A (Línuhönnun, 1997). Þá gerði Fornleifastofnun Íslands (2003) fornleifakönnun á 100 m breiðri ræmu meðfram Sogslínu 2, allt frá svæðinu austan við Lyklafell vestur fyrir Geitháls, að miðlunargeymum Orkuveitu Reykjavíkur á Reynisvatnsheiði. Við fyrirhugaða hitaveituæð á svæðinu milli Lyklafells og Geitháls voru skráðar 10 fornleifar (mynd 14).



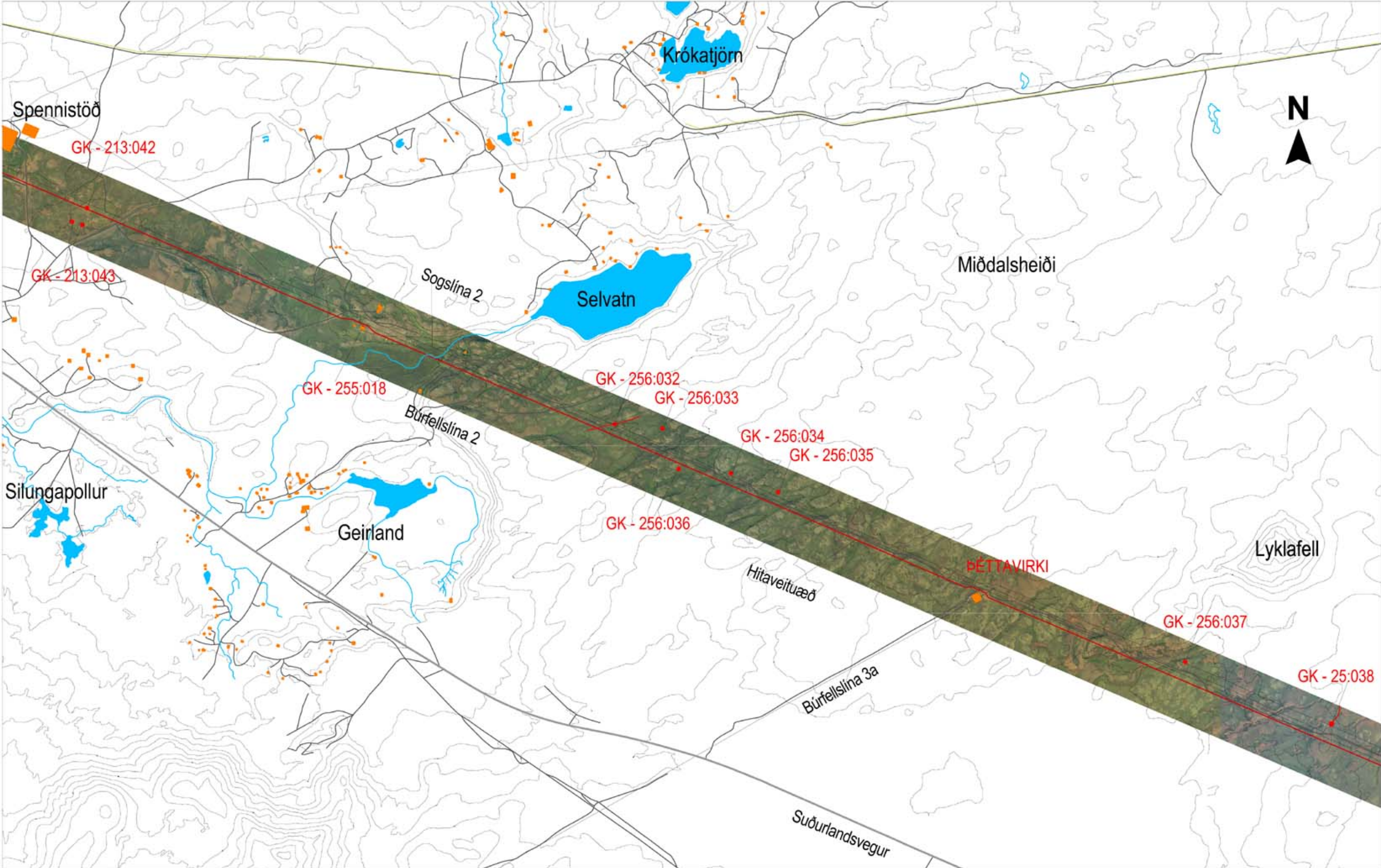


### MYND 13. MENNINGARMINJAR Á HELLISHEIÐI

- SKÝRINGAR -
- MENNINGARMINJAR
  - HITAVEITUÆÐ
  - FERSKVATNSVEITA
  - NIÐURRENNISVEITA
  - BORTEIGAR
  - BORSVÆÐI
  - ÆTLAÐAR LAGNALEIÐIR
  - BYGGINGAREITUR
  - NYR VEGUR UM FRAMKV. SVÆÐI
  - BREYTING Á ÞJÓÐVEGI







Spennistöð  
GK - 213:042

GK - 213:043

Silungapollur

GK - 255:018

Geirland

GK - 256:032

GK - 256:033

GK - 256:034

GK - 256:035

GK - 256:036

ÞÉTTAVIRKI

GK - 256:037

GK - 25:038



500 m

MYND 14. MENNINGARMINJAR Á LAGNALEIÐ HITAVEITUÆÐAR

25 m Hæðarlínur  
Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.

- SKÝRINGAR -
- MENNINGARMINJAR
- MANNVIRKI
- HITAVEITUÆÐ





## 2.9 Skipulag og landnotkun

Fyrirhugað framkvæmdasvæði virkjunar á Hellisheiði er í Sveitarfélaginu Ölfusi. Auglýst hefur verið tillaga að nýju aðalskipulagi fyrir sveitarfélagið. Gert er ráð fyrir að unnið verði deiliskipulag fyrir framkvæmdasvæðið í samvinnu sveitarfélags og framkvæmdaraðila í framhaldi af samþykkt aðalskipulags og að loknu mati á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellisheiði. Í ákvörðun um tillögu að matsáætlun mæltist Skipulagsstofnun til þess að tillaga að deiliskipulagi yrði kynnt samhliða mati á umhverfisáhrifum virkjunarinnar. Framkvæmdaraðili telur að staðsetning og fyrirkomulag mannvirkja hafi enn ekki verið ákveðin að því marki að hægt sé að vinna deiliskipulag fyrir virkjunarsvæðið. Ekki hefur því verið hægt að verða við tilmælum Skipulagsstofnunar.

Áætluð leið hitaveituaðar frá virkjuninni mun liggja um þrjú sveitarfélög, Ölfus, Mosfellsbæ og Reykjavík. Eins og greint er frá hér að framan verður nýtt aðalskipulag fyrir Ölfus auglýst innan skamms. Á kafla leiðarinnar vestan marka Ölfuss eru lögsögumörk óljós sunnan Lyklafells og ekkert skipulag þar í gildi. Nýtt Aðalskipulag Mosfellsbæjar 2002–2024 hefur verið staðfest (Mosfellsbær og Teiknistofa arkitekta, Gylfi Guðjónsson og félagar ehf. 2003). Þá eru í gildi staðfest Svæðisskipulag höfuðborgarsvæðisins 2001–2024 (nes Planners 2002) og staðfest Aðalskipulag Reykjavíkur 2001–2024 (Reykjavíkurborg 2002).

Framkvæmdasvæðið er utan svæða á náttúruminjaskrá, en hluti Hengilssvæðisins er á náttúruminjaskrá, þ.e. vatnasvið Grændals, Reykjadal og Hengladala ásamt Marardal og Engidal norðan Húsmúla; að sunnan liggja mörk náttúruminjasvæðisins um Skarðsmýrarfjall, Orrustuhól og Hengladalsá að Varmá. Auk þess er Eldborg undir Meitlum, þ.e. gígurinn og næsta nágrenni hans, og Eldborgir við Lambafell, eldvörpin og hrauntraðirnar frá þeim ásamt hrauninu umhverfis einnig á náttúruminjaskrá (Náttúruverndarráð 1996). Í nýlegum drögum að náttúruverndaráætlun (Umhverfisstofnun 2003a) hefur afmörkun fyrirhugaðs náttúruverndarsvæðis við Hengil verið breytt og er áherslan nú á verndun Grændals og Reykjadal annars vegar og Eldborgar undir Lambafelli ásamt Svínahraunsbruna hins vegar. Samkvæmt drögnum er lagt til að Grændalur-Reykjadalur verði friðland en Eldborg og Svínahraunsbruni náttúruvætti.

Kolviðarhóll undir Hellisskarði var vinsæll gististaður þeirra, sem fóru um Hellisheiði fyrrum. Aðalleiðin lá um Hellisskarð og var sæluhús byggt að Kolviðarhóli 1844. Stórt og myndarlegt gistihús var byggt þar 1929. Árið 1938 keypti Íþróttafélag Reykjavíkur Kolviðarhól til að gera hann að miðstöð íþróttalífs, aðallega vetraríþróttar og reka samt áfram þjónustu við ferðamenn. Þessi starfsemi gekk ekki upp, þannig að henni var hætt 1952. Árið 1955 kaupir Hitaveita Reykjavíkur Kolviðarhól af Íþróttafélagi Reykjavíkur og 1977 voru húsin við Kolviðarhól jöfnuð við jörðu. Í drögum að aðalskipulagi Sveitarfélagsins Ölfus er gert ráð fyrir hverfisverndarsvæði við Kolviðarhól.

Á Hengilssvæðinu hafa tvö skíðafélög aðstöðu, Skíðadeild Víkings í Sleggjubeinsskarði og Skíðadeild ÍR í Hamragili. Aðsókn að þessum skíðasvæðum hefur verið minni en að öðrum skíðasvæðum á höfuðborgarsvæðinu og reksturinn þungur. Norskir sérfræðingar lögðu fram tillögur um uppbyggingu skíðasvæðanna í nágrenni Reykjavíkur í desember 2001 (Andersen og Berentsen 2001). Ekki hefur verið mörkuð stefna um framtíð skíðasvæðanna.

Ferðafélög og skátahreyingin hafa í gegnum tíðina nýtt sér Hengilssvæðið sem göngu- og útivistarland. Austan í Stóra-Skarðsmýrarfjalli, ofan Skarðsmýrar hafa skátafélög reist sér nokkra skála. Með Nesjavallavegi, merkingu gönguleiða og útgáfu göngukorta hefur Hengilssvæðið opnast og orðið aðgengilegra fyrir almenning.

Á virkjunarsvæðinu er land allnokkuð raskað. Auk ofangreindra mannvirkja hafa verið gerðir slóðar allvíða á svæðinu vegna umferðar af ýmsum toga. Töluvert efnisnám hefur verið stundað á ýmsum stöðum á svæðinu og er t.d. Gíghnúkur, norðaustan Stór-Reykjafells, mikið raskaður af þess völdum.



Háspennulínur frá virkjunum á Suðurlandi liggja um framkvæmdasvæðið. Sogslína 2, 132 kV lína frá Sogsvirkjunum sem liggur um Grafningsskarð og síðan samsíða Búrfellslínu 2 norðan Suðurlandsvegur til höfuðborgarsvæðisins. Búrfellslína 2, 220 kV lína frá Búrfellsvirkjun sem liggur með Suðurlandsvegi samsíða Sogslínu 2 um Hellisheiði og Grafningsskarð að Geithálsi. Búrfellslína 3A, 400 kV lína frá Búrfellsvirkjun sem liggur um Hengilssvæðið, Hellisheiði og Hellisskarð til höfuðborgarsvæðisins. Áætluð leið hitaveituaðar frá virkjun á Hellisheiði liggur samsíða annarri hvorri háspennulínanna Sogslínu 2 eða Búrfellslínu 2 mestan hluta leiðarinnar.

Ljósleiðari Síman frá Reykjavík liggur þvert í gegnum framkvæmdasvæðið, síðan austur um Hellisheiði meðfram Suðurlandsvegi um Hveragerði og austur að Selfossi. Endurvarpsstöð er á Skarðsmýrarfjalli.

## 2.10 Byggð og íbúáþróun

Íbúum í Ölfusi fjölgaði þegar þéttbýli fór að myndast í Þorlákshöfn eftir 1950. Hefur verið nær samfelld aukning síðan. Á síðustu 30 árum hefur íbúum í Ölfusi fjölgað um 714 íbúa, mest aukning varð á árunum 1973-1976, en þá fjölgaði íbúum um 282. Á árunum 1971-1980 fjölgaði íbúum um 39% og á árunum 1980-1990 fjölgaði íbúum um tæp 17%.

Á síðasta áratug 20. aldar fjölgaði íbúum um tæp 8%, en þó fækkaði íbúum talsvert 1996-97. Fjölgun í Þorlákshöfn á þessu tímabili var um 9% en fjölgun í dreifbýli 2,5%. Á sama tímabili hefur fólki fjölgað um 3,5% á Suðurlandi og um 10,6% á landinu öllu (Hagtíðindi 1981-2003).

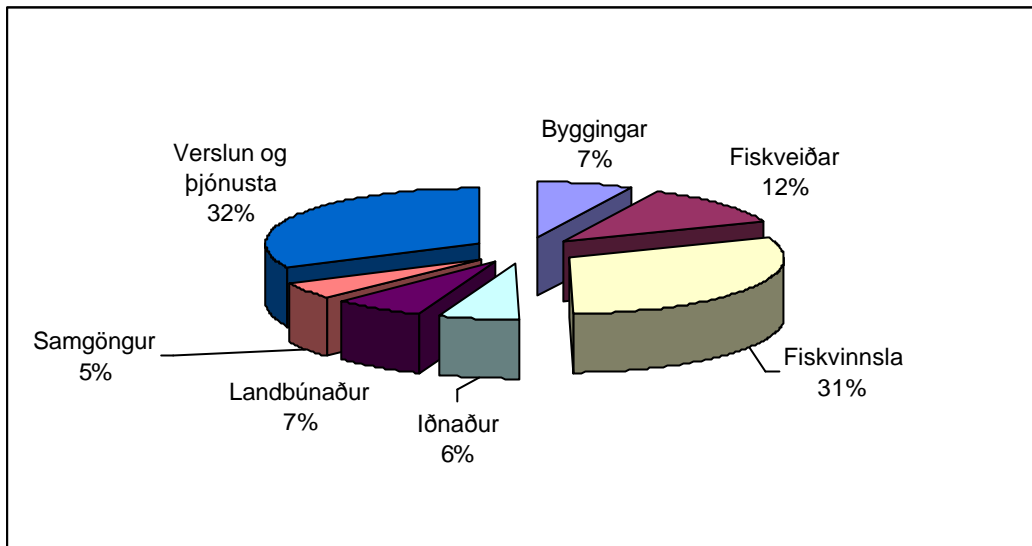
Samkvæmt skipulagsáætlun er gert ráð fyrir að fjölgun íbúa á tímabilinu fram til 2014 verði á bilinu 2-2,5% á ári. Gert er ráð fyrir að aukningin verði að mestum hluta í Þorlákshöfn og þéttbýliskjörnum í dreifbýli. Íbúafjöldi í upphafi ársins 2003 var 1.730 og miðað við 2% fjölgun verða íbúar sveitarfélagsins um 2.190 árið 2014, en ef miðað er við 2,5% aukningu verður íbúatalan um 2.320 (Gísli Gíslason 2003).

Aldursskipting íbúa í sveitarfélaginu sýnir í samanburði við landsmeðaltal að heldur fleiri eru í aldurshópnum 0-15 ára en töluvert færri í aldurshópnum 66 ára og eldri. Aðrir aldurshópar eru sambærilegir við landsmeðaltal.

Með þéttbýlismyndun í Þorlákshöfn eftir 1950 hefur atvinna í sveitarfélaginu einkum byggst upp í tengslum við fiskveiðar og fiskverkun. Síðari ár hefur atvinnutækifærum í öðrum atvinnugreinum fjölgað. Samanburðurinn á mynd 15 hér á eftir á við um innbyrðist hlutfall viðkomandi árs samkvæmt upplýsingum frá Bygðastofnun 2001. Atvinnuvegum er skipt í 7 flokka og byggir á skráðum ársverkum eftir bústað starfsmanna. Því er ekki tryggt að hún gefi alveg rétta mynd af raunverulegri atvinnuskiptingu, einkum ef mikið er um að launþegar sækji vinnu í önnur sveitarfélög.

Megin atvinnan í Ölfusi tengist fiskveiðum og vinnslu auk verslunar og þjónustu. Árið 1997 eru ársverk í fiskveiðum og vinnslu 43% og verslun- og þjónustu 32% af 770 ársverkum. Árið 1988 voru ársverk í Ölfusi 727 og hefur því ársverkum fjölgað um 6% á þessum níu árum sem samanburðurinn nær til. Ef borin eru saman ársverk í verslun og þjónustu þá er aukning um 30% milli árunna 1988 og 1997, fjölgun ársverka í fiskvinnslu er um tæp 20% en fækkun að sama skapi í fiskveiðum. Ef hinsvegar eru borin saman ársverk í landbúnaði árin 1988 og 1997 þá er samdráttur á þessu tímabili um 32%. Í framtíðinni þarf að auka fjölbreytni atvinnulífsins. Möguleiki er á að fullvinna það hráefni er berst á land, en einnig gætu skapast störf vegna þjónustu við ferðamenn.

Eins og áður segir gerir skipulagsáætlun ráð fyrir 2% árlegri fólksfjölgun í sveitarfélaginu á tímabilinu 2003-2014, en þó má gera ráð fyrir því að ársverkum í landbúnaði muni áfram fækka. Ferðapjónusta í Ölfusi hefur verið ört vaxandi atvinnugrein síðustu árin. Uppbygging síðustu ára hefur mest verið í gistipjónustu en einnig hefur verið töluvert uppbygging í afþreyingar- og veitingapjónustu (Gísli Gíslason 2003).



Mynd 15. Ársverk eftir atvinnugreinum í Ölfusi 1997 (Byggðastofnun).

## 2.11 Samgöngur

Frankvæmdasvæði virkjunar á Hellisheiði mun verða tvískipt, annars vegar svokallað neðra svæði neðan Hellisskarðs og hins vegar efra svæði ofan Hellisskarðs, sjá teikningar 1 og 2. Núverandi aðkoma að neðra virkjunarsvæði er um þjóðveg nr. 1, Suðurlandsveg og Hamragilsveg, nr. 378, skammt vestan Skíðaskálans í Hveradölum. Þá má komast að efri hluta svæðisins frá Suðurlandsvegi um aðkomu að Skíðaskálanum og vegslóða meðfram Stóra-Reykjafelli.

Núverandi umferð um Hellisheiði er mikil. Árið 2002 fóru að meðaltali 4.514 bílar á dag um Hellisheiði, en sumardagsumferð er að meðaltali 6.067 bílar á dag. Umferð framhjá núverandi gatnamótum við framkvæmdasvæðið er því um 1,6 milljón bílar á ári (Auður Árnadóttir 2003).

Suðurlandsvegur um Hellisheiði telst til stofnbrauta og fellur í þjónustuflokk 2 hjá Vegagerðinni. Snjómokstur fer fram daglega á vetrum, ef þörf krefur. Leitast er við að halda vegi í því ástandi að snjór og/eða ís hafi sem minnst áhrif á flæði eða öryggi umferðarinnar. Haust og vor, á meðan að snjólétt er, er veginum haldið sem mest auðum og yfir veturinn vel greiðfærum og þá í samræmi við skilgreindan þjónustutíma.

Við samþykkt samgönguáætlunar á Alþingi (2003) var veitt 200 milljónum króna af viðbótarfé til eflingar atvinnutækifæra til að Vegagerðin geti hafið framkvæmdir við breytingar á Suðurlandsvegi í Svínahrauni að Hveradalabrekku á árinu 2003. Nýi vegurinn verður 2+1 akreinar og hannaður fyrir 90 km/klst hámarkshraða. Vegna virkjunaráforma Orkuveitu Reykjavíkur verður gert ráð fyrir aukinni umferð um Hamragilsveg og nýjum stefnugreindum vegamótum við Suðurlandsveg, en engin leið er að koma þeim fyrir við núverandi aðstæður.

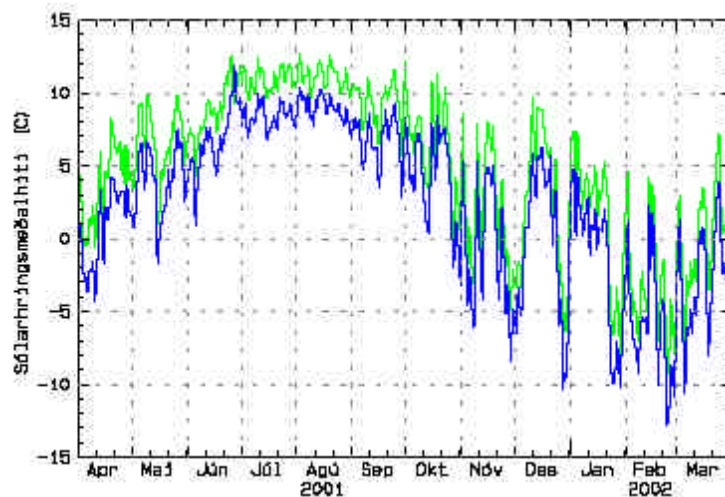
Um framkvæmdasvæðið liggja reið- og gönguleiðir. Mikið notuð reiðleið austur frá höfuðborgarsvæðinu er um gamla Suðurlandsveginn frá Litlu kaffistofunni, norðan Svínahraunsbruna, framhjá Draugatjörn, um Hellisskarð og svo annað hvort milli hrauns og hlíðar yfir í Grafning eða yfir Hellisheiði niður í Ölfus. Frá Draugatjörn er einnig hægt að fara til norðurs vestan Húsmúla og Hengils í átt að Þingvöllum. Orkuveita Reykjavíkur hefur stíkað gönguleiðir og gefið út gönguleiðakort af Hengilssvæðinu.

## 2.12 Veðurfar

Úrkoma á Hengilssvæðinu er mikil. Á Nesjavöllum hefur úrkoma verið mæld á vegum Orkuveitu Reykjavíkur og Veðurstofu Íslands síðan 1985 og hefur ársúrkoman mælst um 2.800 mm að meðaltali.

Veðurstofa Íslands hefur mælt úrkomu á þremur stöðum á Bláfjallasvæðinu í safnmæla í alllangan tíma. Þessir staðir eru Vífilfellskrókur (250 m y.s.), Rauðhnúkar (400 m y.s.) og Bláfjallaskáli (400 m y.s.). Meðalúrkoma þar var á bilinu 2.000 til 2.600 mm á ári á árunum 1989-1997. Til samanburðar er meðalúrkoma í Reykjavík um 800 mm á ári. Talið er að í Henglafjöllum megi reikna með yfir 4000 mm ársúrkomu.

Sjálfvirk veðurstöð hefur verið starfrækt af Vegagerðinni á Hellisheiði frá 1992. Stöðin er 360 m yfir sjó. Veðurstofa Íslands setti upp tvær sjálfvirkar veðurstöðvar á virkjunarsvæðinu fyrir Orkuveitu Reykjavíkur í janúar 2001. Voru þeim gefin nöfnin Hellisskarð og Ölkelduháls. Stöðvarnar mæla hita, rakastig, vindhraða, vindátt og úrkomu með safnmæli (fötu). Stöðin við Hellisskarð er 370 m yfir sjó, en Ölkelduhálsstöðin er 360 m yfir sjó.



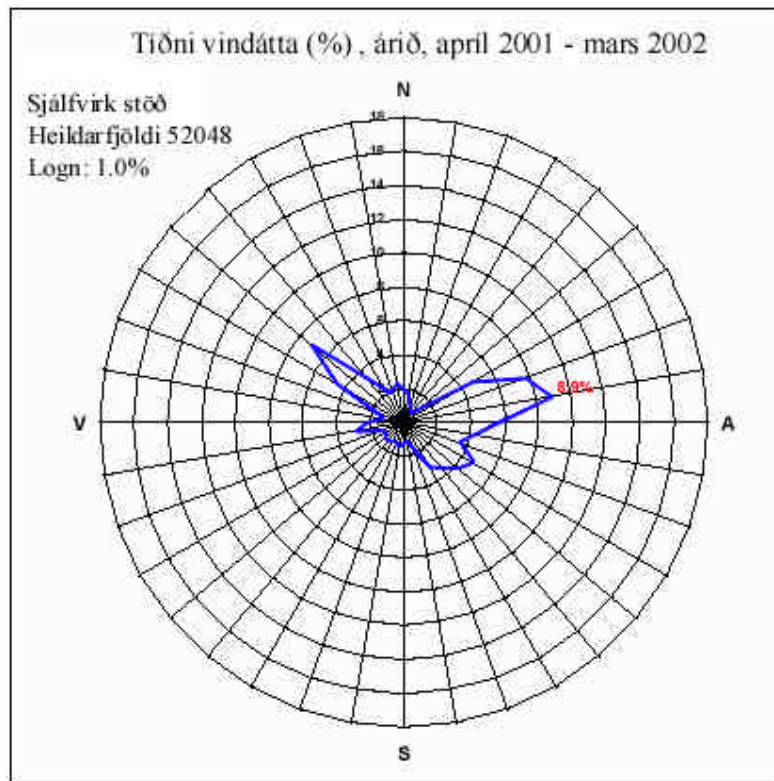
Mynd 16. Sólarhringsmeðalhiti á Hellisheiði (blá) og Reykjavík (græn).

Í greinargerð Veðurstofu Íslands (Þórður Arason og Torfi Karl Antonsson 2003) fyrir Orkuveitu Reykjavíkur um veðurfar á Hellisheiði er fjallað um tímabilið 1. apríl 2001 til 31. mars 2002. Vegna galla í hitatölum frá Hellisskarði og Ölkelduhálsi hluta tímabilsins er notast við hitamælingar frá Hellisheiðarstöðinni. Eins og sjá má af mynd 16 er nokkuð góð fylgni milli sólarhringsmeðaltala hita í Reykjavík og á Hellisheiði og munar 2,6°C að meðaltali á hita á þessum stöðum.

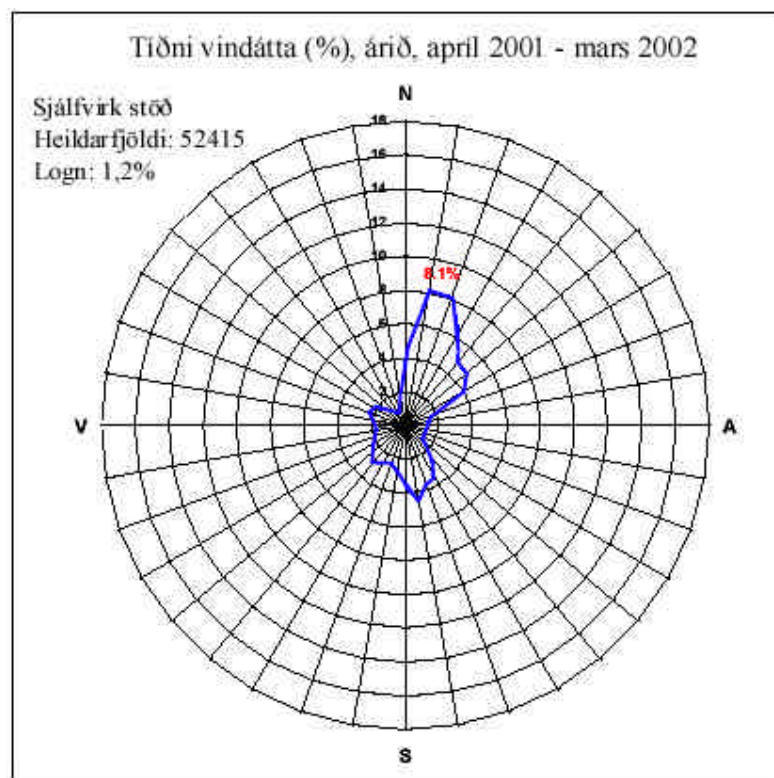
Tafla 4. Hlutfall mælinga (%) með rakastig yfir 95%.

Veðurstöð	Hæð m y.s.	Hlutfall mælinga með rakastig yfir 95%
Hellisskarð	370	38
Ölkelduháls	360	33
Hellisheiði	360	36
Sandskeið	200	16
Reykjavík	52	8
Þoka í Reykjavík	-	1,4

Það er vel þekkt að oftar er þoka á Hellisheiði en á láglandi sitt hvorum megin við heiðina. Í töflu 4 er sýnd tíðni mælinga þar sem rakastig er yfir 95% samkvæmt mælingum. Athyglisvert er hve mikill munur er á tíðninni eftir hæð veðurstöðvanna yfir sjó. Í 30-40% tilvika er rakastig yfir 95% á heiðinni á meðan það er einungis í 16% tilvika á Sandskeiði og 8% tilvika við Veðurstofu.



Mynd 17. Vindrós fyrir Hellisskarði 2001-2002.



Mynd 18. Vindrós fyrir Ölkelduháls 2001-2002.

Í Hellisskarði voru NV-áttir algengastar í maí – ágúst, en A- og ANA-áttir aðra mánuði fyrir utan nóvember og desember (mynd 17). Á Ölkelduhálsi voru NA-áttir algengastar alla mánuði nema í maí,



nóvember og desember (mynd 18). Á Hellisheiði eru NA og V áttir algengastar og er ekki marktækur munur á sumri og vetri í þessum athugunum.

Fyrri athuganir hafa sýnt að úrkoma vex nokkuð jafnt og þétt eftir því sem austar dregur frá Reykjavík að Hellisheiði. Þannig er úrkoma í Bláfjöllum orðin um fjórföld meðalúrkoma í Reykjavík. Á því tímabili sem er hér til sérstakrar skoðunar, 1. apríl 2001 til 31. mars 2002, var úrkoman í Reykjavík 859 mm, en í Hellisskarði 2153 mm (2,5 x Rvk), og á Ölkelduhálsi 2531 mm (2,9 x Rvk). Því mældist á tímabilinu 18% meiri úrkoma á Ölkelduhálsi en í Hellisskarði. Helstu niðurstöður veðurmælinga á Hellisheiði fyrir tímabilið frá 1. apríl 2001 til 31. mars 2002 eru eftirfarandi:

- Lofthiti er að meðaltali 2,6°C lægri á Hellisheiði en í Reykjavík. Dægursveifla á sumrin er svipuð á heiðinni og í bænum. Útslag hita er sambærilegt á heiðinni og í bænum og einnig eftir árstíðum.
- Hærrí loftraki er á heiðinni en í bænum. Fjórum sinnum algengara er að loft sé mjög rakt á heiðinni en í bænum. Dægursveifla rakastigs yfir hásumarið er sambærileg á heiðinni og í bænum. Daggarmark á sumrin á heiðinni fer yfirleitt ekki yfir 10°C, þó svo lofthiti fari stundum yfir 15°C.
- Vindhraði er að jafnaði 70% hærri á heiðinni en í bænum. Að jafnaði helst það í hendur að ef hvasst er í bænum, þá er hvassara á heiðinni. Útslag meðaldægursveiflu vindsins yfir hásumarið er sambærilegt á heiðinni og í bænum. Landslag í kringum stöðvarnar hefur lykiláhrif á ríkjandi vindáttir.
- Meðalúrkoma er allt að þreföld á heiðinni í samanburði við Reykjavík.

Ekki hefur verið lagt mat á breytileika milli ára, eða hvort það ár sem var tekið til athugunar hafi verið á einhvern hátt sérstætt.

## 2.13 Hættur

Helstu áhættuþættir við virkjun háhitasvæða á Íslandi hafa verið flokkaðir í 13 flokka samanber töflu 5 (Kristján Sæmundsson 1992). Hugsanlega geta allir þættir nema helst flóð valdið tjóni á jarðvarmavirkjun á Hellisheiði á líftíma hennar. Góð þekking á jarðfræði og jarðsögu framkvæmdasvæðisins leggur grunn að því hvar mannvirkjum virkjunarinnar verður valinn staður með tilliti til áhættuþátta. Á rekstrartíma jarðvarmavirkjunar stafar mest hættu af því að jarðhitageymirinn spillist af völdum kvikuhlaupa í jarðhitageyminum og sprunguhreyfingum. Það ber þó að hafa í huga að varmagjafinn er oftast kvikuinnskot undir háhitasvæðunum og að vatnsgengd jarðlaga byggist á sprungnum jarðlögum sem myndast vegna jarðhræringa í tengslum við jarðskjálfta og eldvirkni.

Íslenskar orkurannsóknir tóku að beiðni Orkuveitu Reykjavíkur saman yfirlit yfir jarðfræðilegar aðstæður á virkjunarsvæðinu á Hellisheiði (Kristján Sæmundsson 2003). Samkvæmt því eru áhættuþættir ekki alveg þeir sömu fyrir virkjun á neðra og efra virkjunarsvæðinu. Viss hættu er talin geta steðjað að mannvirkjum vegna ofanflóða í Sleggjubeinsdal en ekki annars staðar. Harðir jarðskjálftar, sprunguhreyfingar og eldgos eru fátíðari en ofanflóð og stafar mannvirkjum því minni hættu af slíkum atburðum. Borholur gætu skemmst við sprunguhreyfingar og eldgos, en tæpast við jarðskjálfta. Lítil hættu er talin vera á að þær yrðu fyrir skakkaföllum við innflæði kvikugasa í jarðhitakerfið við kvikuhlaup. Nánar er greint frá helstu áhættuþáttum hér á eftir.

Tafla 5. Flokkun áhættuþátta við virkjun háhitasvæða.

Vegna eldgosa	Vegna jarðskorpuhreyfinga
1. Eldgos við/nálægt virkjun	8. Sprunguhreyfingar
2. Hraunflóð yfir virkjunarsvæði	9. Landris, landsig
3. Ösku- eða gjóskufall	10. Jarðskjálftar
4. Jarðhitageymirinn spillist af völdum kvikugastegunda	11. Skriðuföll
5. Kvikuhlaup í jarðhitageyminum	12. Leðju- eða gufusprengingar
6. Öflugar gufusprengingar geta valdið þrýstingslækkun í jarðhitakerfinu	13. Kalt vatn streymir inn í jarðhita-geyminn af völdum sprunguhreyfinga
7. Flóð í ám	

### Ofanflóð

Dæmi um ofanflóð eru snjóflóð, aurrennsli, framhlaup og grjóthrun. Við val á borstæðum og lagnaleiðum þarf að hafa í huga hvar hætta stafar af ofanflóðum. Minni háttar snjóflóð hafa fallið úr brekkunum austan við Sleggjubeinsdali og skemmt hús og skíðalyftu í Hamragili. Hugsanlega mætti búast við einhverju álfka ofan úr Sleggju og Skarðsmýrarfjalli, innan við rannsóknaholur HE-5 og HE-8. Í Sleggjubeinsdölum blasir við að töluvert aurrennsli er úr hlíðum og sérstaklega fram úr giljum, einkum Hamragili. Algengt er að lækurinn í Hamragili hlaupi upp í vatnsveðrum eða leysingu og beri þá með sér efni úr auðrofnu bólstrabergi gilveggjanna. Framhlaup hefur fallið úr Skarðsmýrarfjalli ofan í Sleggjubeinsskarð. Það nær a.m.k. suður á mótis við holur 5 og 8, en það er gamalt og hverfur í aur sem síðar hefur borist fram. Hæg hreyfing gæti verið í því. Hætta af grjóthruni er helst talin vera í Dauðadal, ef þar yrði borað.

### Jarðskjálftar

Jarðskjálftar með upptök á Suðurlandi, Reykjanesskaga eða á Hengilssvæði geta haft áhrif á Hellisheiði. Mögulegar afleiðingar er sprungumyndun í jarðvegi á virkjunarsvæðinu, slys, tjón á umhverfi vegna mengunar, tjón á búnaði eða mannvirkjum og minnkun eða stöðvun framleiðslu. Fylgst er með fyrirboðum jarðskjálfta á Veðurstofu Íslands og gerir skjálftavakt stjórnstöð Orkuveitu Reykjavíkur viðvart ef vart verður aukinnar skjálftavirkni (Dóra Hjálmarsdóttir 2000).

Fyrirhugað mannvirkjasvæði er í sigdældinni sem liggur til suðvesturs frá Hengli. Virkar sigsprungur ná yfir 45 km breitt belti milli Húsmúla að vestan og Litla-Skarðsmýrarfjalls að austan. Lítið er um jarðskjálfta með upptök í þessari virku sprungurein sunnan Hengils, en aðallega eru það smáskjálftar. Smáskjálftahrinur eru þekktar norðaustar, utan við virku sigsprungurnar og eins vestan við Hengil og Húsmúla. Síðasta hrina gekk yfir svæðið austur af Hengli á árunum 1994-1999 með um 90.000 skjálftum, öllum smáum. Sú lét Hengilsreinina nánast ósnerta. Undir lok hrinunnar árið 1998 urðu þó tveir skjálftar af stærð rúmlega 5 á Richter-skala með upptök sunnan við aðalskjálftasvæðið. Þeir voru í ætt við Suðurlandsskjálfta. Í öðrum þeirra rifnaði upp gömul sprunga vestarlega á Bitru. Líklega hefur smáskjálftahrina gengið yfir á sömu slóðum á árunum 1953-1955 með stærstu skjálftum einnig rúmlega 5. Sé leitað lengra aftur verða fyrir alltíðir skjálftar sem fundust í Hveradölum á árunum 1931-1935 en komu yfirleitt ekki fram á mælum. Þeir enduðu með skjálfta árið 1935 sem talinn er hafa verið af stærð 6 með upptök 3km frá Skíðaskálanum í Hveradölum, nærri Stórarni. Staðsetning á þeim tíma var ekki eins nákvæm og nú.

Suðurlandsskjálftar vestan til í Ölfusi og austast á Reykjanesskaga verða líklega ekki mikið yfir 6 að stærð. Upptök slíkra skjálfta yrðu sunnan við virkjunarsvæðið, en sprungur gætu teygst norður á mótis við það. Búast má við að áhrifa í tengslum við yfirstandandi Suðurlandsskjálfta muni gæta harkalega á Hengilssvæðinu ef/þegar þeir færast vestur í Ölfus á næstu árum. Tekið verður tillit til jarðskjálftaálags við hönnun mannvirkja.



Rannsóknamiðstöð Háskóla Íslands í jarðskjálftaverkfræði, hefur unnið að skilgreiningu jarðskjálftahönnunarforsenda fyrir fyrirhugaða jarðvarmavirkjun á Hellsheiði (Bjarni Bessason o.fl. 2003).

### **Sprunguhreyfingar**

Sprunguhreyfingar í virku sprungureininni verða í tengslum við gliðunarrykki, en þeir ganga yfir á nokkur hundruð ára fresti. Þess á milli er landið nánast kyrrt utan hvað hæg lárétt og lóðrétt hreyfing á millimetraskala á ári. Í gliðunarrykkjum verður snögglega lárétt og lóðrétt hreyfing sem nemur tugum sentimetra og jafnvel metrum. Tíðni slíkra viðburða í Hengilskerfinu er ekki þekkt. Síðast urðu brotahreyfingar af því tagi árið 1789. Ekki er vitað hvort sprunguhreyfingarnar náðu þá til Hengilskerfisins alls. Jarðhræringar þessar urðu í kjölfar Suðurlandsskjálftanna 1784. Í umbrotunum 1789 gliðnaði og seig landspilda í sprungureininni norðaustan Hengils um nokkra metra milli Nesja og Vatnskots og jarðhræringar urðu einnig í Selvogi. Vitað er að á Hellsheiði lifnaði yfir hverum. Það eina sem finnst í gömlum heimildum og bent gæti til álíka atburða á Hellsheiði er annálsgrein frá 1339. Líklegasta svæðið til að svara í umbrotum sem þessum er spildan milli Sleggju og austanverðs Skarðsmýrarfjalls, en ás mesta sigs fylgir gígaröðunum suðvestur frá því. Við staðsetningu mannvirkja þarf að taka tillit til misgengissprungna.

### **Eldgos**

Sprunguhreyfingar eins og voru 1789 verða varla nema til komi jafnframt kvikuinnskot í formi gangs eða ganga sem ekki ná til yfirborðs. Kviku hreyfingar af þessu tagi eru líkast til algengari en eldgosin sjálf. Í suðvestur-sprungurein Hengilskerfisins hefur gosið þrisvar sinnum á nútíma, þ.e. á síðustu 11.000 árum. Um 2.000 ár eru liðin frá síðasta gosi á Hellsheiði, um 5.800 ár eru frá gosi þar á undan og síðan 10.000 ár aftur í fyrsta gosið á nútíma (mynd 5). Síðast gaus í nágrenninu árið 1000. Þá rann Svínahraunsbruni. Upptök hans eru í næstu sprungurein vestan Hengils, í Bláfjallareininni sem svo er kölluð. Auðveldara er að staðsetja mannvirki neðan Helligskarðs en ofan þess, þannig að þau yrðu örugg fyrir hraunrennsli. Aðalborsvæðið ofan Helligskarðs er í kringum gossprungunarnar. Gangainnskot hvort sem væri í tengslum við kvikuhlaup í gliðunarrhinu eða eldgos gætu komist í borholur og stíflað þær.

Ef eldgos verður í Hengli verður það væntanlega sprungugos og er ekki reiknað með miklu öskufalli, en hraunrennsli getur orðið nokkurt. Fylgst er með fyrirboðum eldgosa á Veðurstofu Íslands og gerir skjálftavakt stjórnstöð Orkuveitu Reykjavíkur viðvart ef vart verður aukinnar skjálftavirkni sem túlka má sem gosóroa. Eldgos í Henglinum getur haft ófyrirsjáanlegar afleiðingar fyrir jarðvarmavirkjanir Orkuveitunnar á Hengilssvæðinu. Afleiðingarnar geta orðið allt frá því hverfandi til þess að loka þurfi orkuverunum.

### **Mengun af völdum kvikugasa**

Í Kröflueldum mengaðist jarðhitakerfið í Kröflu að hluta til af völdum kvikugasa. Mengunin var staðbundin, náði ekki til Suðurhlíða og Hvíthóla og ekki niður í Bjarnarflag. Samt náðu kvikuhlaup þangað og stífluðu borholur og kvika kom upp úr einni þeirra. Rót kvikuhlaupa á Hengilssvæðinu er væntanlega undir Hengli sjálfum og mest hættu á mengun jarðhitakerfisins af kvikugösum þar, ef kvikuþró væri undir. Miðað við reynsluna frá Kröflu virðast litlar líkur á að jarðhitakerfið undir Hellsheiði og í Sleggjubeinsdölum myndi mengast við kvikuhlaup, því þar er komið langt frá því svæði þar sem mestar líkur eru á að kvikuþró myndi búa um sig.

### **Veðurfar**

Eins og greint er frá í kafla 2.12 er lofthiti að meðaltali 2,6°C lægri og meðalúrkoma allt að þreföld á Hellsheiði miðað við Reykjavík. Loftraki er einnig hærri á heiðinni og fjórum sinnum algengara er að loft sé mjög rakt. Þá er vindhraði er að jafnaði 70% hærri á heiðinni en í bænum. Tekið verður tillit til veðurfars við hönnun mannvirkja.

### 3 LÝSING FRAMKVÆMDAR

#### 3.1 Inngangur

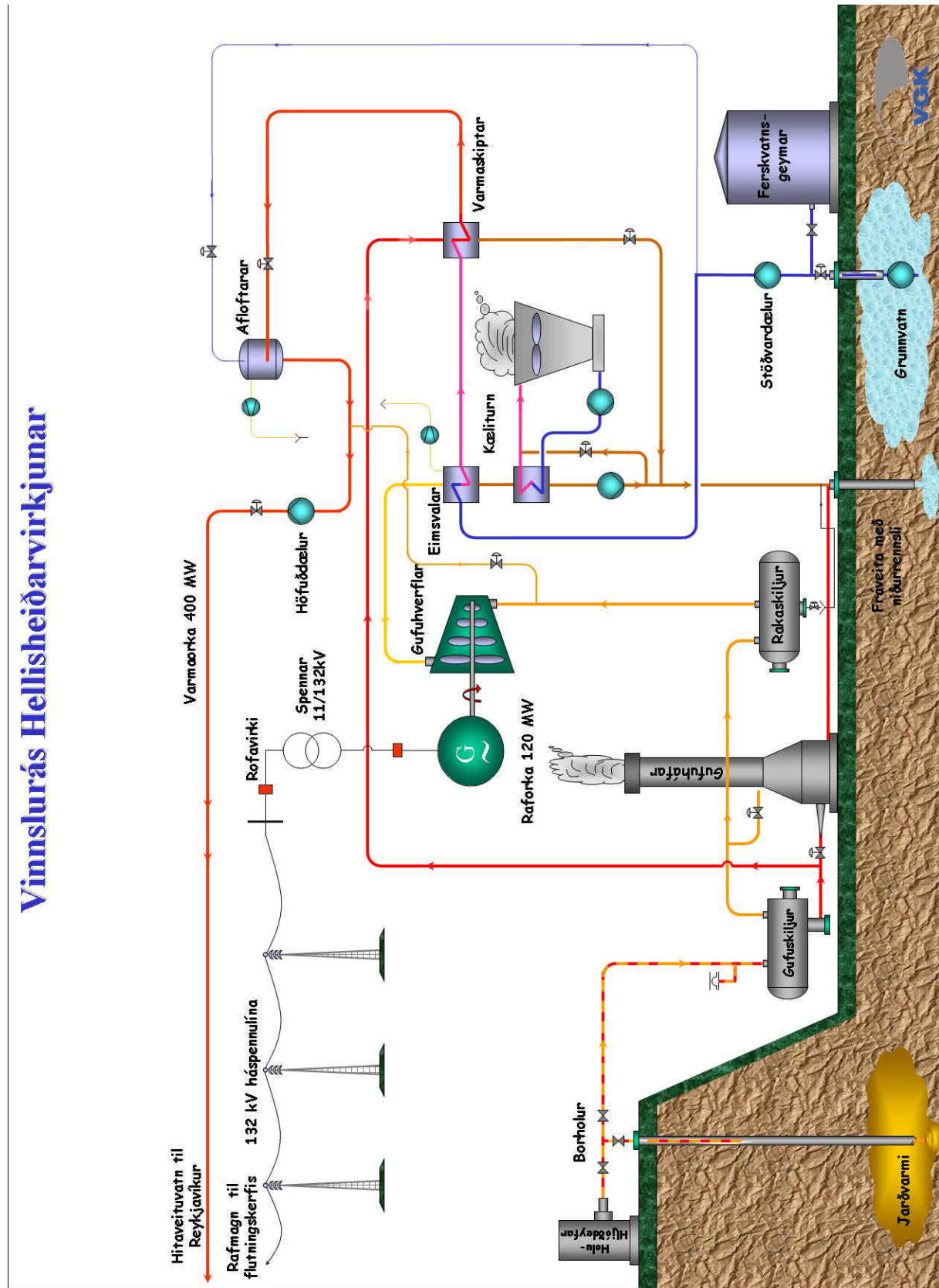
Þessi kafli fjallar um framkvæmdir við fyrirhugaða jarðvarmavirkjun á Hellisheiði. Greint er frá áætlaðri uppbyggingu og lýst helstu þáttum byggingar og reksturs virkjunarinnar. Gert er ráð fyrir að virkjun á Hellisheiði verði reist í fjórum áföngum og að rafmagnsframleiðsla fullbyggðrar virkjunar muni nema 120 MW og varmaframleiðsla geti orðið allt að 400 MW. Tveir möguleikar eru á fyrirkomulagi virkjunar á Hellisheiði eru lagðir fram, kostir I og II. Kostur I gerir ráð fyrir að allir hlutar rafstöðvar og varmastöðvar virkjunarinnar verði á neðra virkjunarsvæði við Kolviðarhól. Kostur II er að 80 MW rafstöð og allt að 400 MW varmastöð verði við Kolviðarhól og að 40 MW rafstöð verði reist á efra virkjunarsvæðinu við Gígahnúk. Önnur mannvirki verða eins. Umfjöllun um viðkomandi framkvæmdaþætti er sú sama fyrir báða kosti nema þar sem annar kosturinn er á einhvern hátt frábrugðinn. Áætluð staðsetning mannvirkja samkvæmt kosti I er sýnd á teikningu 1 og samkvæmt kosti II á teikningu 2. Teikningarnar eru aftast í matsskýrslunni.

#### 3.2 Vinnslurás virkjunar

Við virkjun jarðhita á háhitasvæðum þarf að bora vinnsluholur til að sækja jarðhitavökva úr jarðhitageyminum. Jarðhitavökvinn sem upp kemur er blanda vatns og gufu. Í gufuveitu er vökva frá borholum safnað saman og í skiljustöð er gufan skilin frá vatninu. Vatnshlutinn er kallaður skiljuvatn. Frá skiljustöð er gufu og skiljuvatni veitt aðskildu um aðveituaðar að stöðvarhúsi, þar sem framleitt er heitt vatn og rafmagn. Fyrirhuguð vinnslurás virkjunar á Hellisheiði er sýnd á mynd 19.

Gufan streymir frá rakaskiljum inná gufuhverfla um stopploka og stjórnloka á hverri vél. Vélasamstæðurnar eru þrjár í fullbyggðri virkjun og eru með 40 MW afkastagetu hver. Eftir að hafa farið í gegnum hverflana fer gufan inn á eimsvala þar sem hún er þétt. Eimsvalarnir eru tvískiptir. Að hluta til nota þeir kalt vatn frá vatnsveitu til þéttingar, en annars hringrásarvatn frá kæliturni. Skiptingin ræðst af þörf hitaveitu fyrir vatn, en gufan er notuð sem fyrsta stig upphitunar fyrir hitaveitu. Gufunotkun hvers hverfils er áætluð um 80 kg/s. Gufa er þétt í eimsvala með tvennum hætti, annars vegar með köldu vatni úr borholum við Húsmúla, sem er fyrra stig upphitunar á vatni til hitaveitu, og hins vegar með hringrásarvatni. Hringrásarvatnið er kælt í kæliturni með andrúmslofti og gufar hluti af hringrásarvatni upp. Hluti þéttivatns úr eimsvala er nýtt til að bæta við hringrásarvatn, en umfram þéttivatni er veitt í niðurrennslisveitu.

Lokahitun hitaveituvatns, sem kemur forhitað frá eimsvölunum, fer fram í röravarmaskiptum í varmastöð virkjunarinnar og verður hiti þess allt að 100°C. Skiljuvatn er notað sem varmagjafi og er að því búnu veitt í niðurrennslisveitu. Frá varmaskiptunum er hitaveituvatnið leitt til afloftara, þar sem uppleyst súrefni er hreinsað úr með suðu. Að því búnu er smávegis af gufu, sem inniheldur brenni-steinsvetni, blandað í vatnið sem tæringarvörn. Frá varmastöð er vatninu dælt um hitaveituað í miðlunargeyma á Reynisvatnsheiði. Þéttivatni og skiljuvatni, nefnt affallsvatn einu nafni, er veitt eftir lög frá stöðvarhúsi að niðurrennslisvæði.



Mynd 19. Vinnslurás virkjunar á Hellisheiði.



### 3.3 Mannvirki

Jarðvarmavirkjun á Hellisheiði má skipta í eftirfarandi mannvirki:

- Vegi
- Borholur
- Gufuveitu
- Stöðvarhús
- Kælituren
- Vatnsveitu og vatnsból
- Fráveitu
- Hitaveituæð
- Tengingu við rafveitukerfi
- Vinnubúðir
- Önnur mannvirki
- Námur

Í töflu 6 hefur verið tekið saman yfirlit yfir helstu einkennistörlur framkvæmdarinnar.

#### 3.3.1 Vegir og slóðar

##### Tenging við vegakerfið

Framkvæmdasvæði virkjunar á Hellisheiði mun verða tvískipt, annars vegar svokallað neðra virkjunarsvæði neðan Hellisskarðs og hins vegar efra virkjunarsvæði ofan skarðsins. Haft hefur verið samráð við Vegagerðina um fyrirkomulag á tengingu við Suðurlandsveg og vegtengingum innan virkjunarsvæðisins. Aðkoma að virkjunarsvæðinu verður frá Suðurlandsvegi. Samhliða breytingu á Suðurlandsvegi um Svínahraun verða gerð ný stefnugreind vegamót Hamragilsvegur og Suðurlandsvegur (Skipulagsstofnun 2003). Einnig er gert ráð fyrir nýjum vegamótum og vegi inn á efra svæðið um tveimur kílómetrum austan við afleggjarann að Skíðaskálanum í Hveradölum. Vegurinn mun liggja inná virkjunarsvæðið og tengjast vegi sem lagður verður um Hellisskarð upp frá neðri hluta virkjunarsvæðisins, sjá teikningu 1. Áætluð lengd aðkomuvegar og vegar um svæðið er samanlagt um 4 km. Vegurinn verður byggður upp með aðfluttu efni. Hann verður um 6,5 m breiður nema á kaflanum upp Hellisskarð er gert ráð fyrir 4 m breiðum þjónustuvegi og 2-3 m breiðum reið- og göngustíg við hlið vegarins. Jafnframt er hægt að komast á efra svæðið frá Suðurlandsvegi um aðkomu að Skíðaskálanum og eftir vegi meðfram Stóra-Reykjafelli.

##### Vegir á framkvæmdasvæði virkjunar og hitaveituæðar

Ráðgert er að nýta núverandi vegi á framkvæmdasvæðinu eins og kostur er. Frá þeim verða nýir vegir lagðir að borteigum þar sem þess gerist þörf. Jafnframt þarf almennt að vera um 4 m breiður vegslóði meðfram safnæðum og aðveituæðum vegna framkvæmda. Núverandi vegslóði í Hellisskarði verður lagfærður og nýttur sem vegtenging milli neðra og efra virkjunarsvæðis. Jafnframt er gert ráð fyrir að leiðin nýtist áfram sem göngu- og reiðleið. Vegir verða felldir sem best að landslagi til að halda jarðraski í lágmarki og sár grædd upp þar sem það á við. Áætlað er að 4 m breiður þjónustuvegur verði meðfram hitaveituæð frá virkjun við Kolviðarhól að Reynisvatnsheiði í Reykjavík. Vegslóðar með lögnum verða um 4 m breiðir og verða þeir innan lagnaleiða eins og þær eru sýndar á teikningu 1 og 2. Áætluð lagnaleið aðveituæða og safnæða er um 8 km samkvæmt kosti I og um 9 km samkvæmt kosti II. Slóði með niðurrennslisæð verður um 3,5 km og með ferksvatnsæð tæpir 5 km. Þjónustuvegur með hitaveituæð verður um 4 m breiður og um 18 km langur, þar af verður að mestu um nýlagningu að ræða á 14 km leiðarinnar.

#### 3.3.2 Borholur

Lokið er þremur áföngum rannsóknaborana á svæðinu. Boraðar hafa verið átta holur, þrjár sunnan undir Stóra-Skarðsmýrarfjalli ein norðan við Stóra-Reykjafell, ein norðan Gígahnúks og tvær í Sleggjubeinsdal auk holunnar sem boruð var framan við Sleggjubeinsdal. Niðurstöður þessara borana veita upplýsingar um eðli jarðhitakerfisins og hafa verið nýttar við afmörkun vinnslusvæða, borsvæða og borteiga fyrirhugaðrar virkjunar.

Tafla 6. Helstu einkennistöflur.

		Kostur I	Kostur II
<b>Afl og orka</b>	Raforka	120 MW <sub>e</sub>	80 + 40 MW <sub>e</sub>
	Varnaorka	400 MW <sub>th</sub>	400 MW <sub>th</sub>
<b>Vegur og slóðar</b>	<i>Vegur um virkjunarsvæði</i>		
	Lengd	4 km	4 km
	Breidd	6,5 m	6,5 m
	<i>Vegslóðar með lögnum á virkjunarsvæði</i>		
	Lengd	16,5 km	16,5 km
	Breidd	4 m	4 m
	<i>Þjónustuvegur með hitaveituæð</i>		
	Lengd	18 km (nýr 14 km)	18 km (nýr 14 km)
	Breidd	4 m	4 m
<b>Borun</b>	<i>Borteigar</i>		
	Fjöldi	11	11
	Svæði	100.000 m <sup>2</sup>	100.000 m <sup>2</sup>
	<i>Borholur</i>		
	Fjöldi (á fyrstu 30 árum vinnslu)	32 (24 nýjar)	32 (24 nýjar)
	Dýpt	allt að 3.000 m	allt að 3.000 m
<b>Gufuveita</b>	<i>Safnæðar</i>		
	Lagnaleið	6 km	7 km
	<i>Skiljustöðvar</i>		
	Hæð	7-8 m	7-8 m
	Fjöldi	2	3
	Stærð	1x500 m <sup>2</sup> + 1x250 m <sup>2</sup>	3x250 m <sup>2</sup>
	<i>Aðveituæðar</i>		
	Fjöldi	6	6
	Lagnaleið	2 km	2 km
<b>Stöðvarhús</b>	Fjöldi	1	2
	Grunnflötur	3.400 m <sup>2</sup>	2.800 m <sup>2</sup> + 600 m <sup>2</sup>
	Hæð	15 m	15 m
<b>Kæliturn</b>	Fjöldi	1	2
	Grunnflötur	1.800 m <sup>2</sup>	1.200 m <sup>2</sup> + 600 m <sup>2</sup>
	Hæð	15 m	15 m
<b>Vatnsveita og vatnsból</b>	Lagnaleið	5 km	5 km
	Ferskvatnsþörf	2.000 l/s	2.000 l/s
	Fjöldi ferskvatnshola	24	24
	Dýpt	100-200 m	100-200 m
	Stærð vatnsgeyma	2.000 m <sup>3</sup>	2.000 m <sup>3</sup>
<b>Fráveita</b>	<i>Losun affallsvatns</i>		
	Skiljuvatns	750 l/s	750 l/s
	Þéttivatns	150 l/s	150 l/s
	Lengd lagna	3,5 km	3,5 km
	Dýpt niðurrennslishola	400 m	400 m
	Stærð niðurrennslistvæðis	4.500 m <sup>2</sup>	4.500 m <sup>2</sup>
	<i>Útstreymi jarðhitalofttegunda</i>		
	Magn	23.400 tonn/ári	23.400 tonn/ári
<b>Hitaveituæð</b>	Lagnaleið	18 km	18 km
<b>Námur</b>	Fyllingarefni	485.000 m <sup>3</sup>	485.000 m <sup>3</sup>

	Kostur I	Kostur II
Efnistökusvæði	20.000 m <sup>2</sup>	20.000 m <sup>2</sup>

Borun vinnsluholna hefst árið 2004. Allar rannsóknaholur eru boraðar eins og vinnsluholur og verða tengdar við gufuveitu virkjunarinnar reynist hagkvæmt að nýta þær. Út frá vinnsluspá Íslenskra orkurannsóknna (Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson 2003) er áætlað að bora þurfi allt að 32 vinnsluholur fyrir fullbúna virkjun á fyrstu 30 árum vinnslu. Er þá meðtaldar þær rannsóknaholur, sem hafa verið boraðar á svæðinu.

### Borteigar

Nýjar vinnsluholur verða á borteigum innan afmarkaðra borsvæða. Á yfirlitskorti er sýnd áætluð lega 11 borteiga fyrir fullbyggða virkjun. Einnig er sýnd staðsetning borholna sem þegar hafa verið boraðar. Ekki hefur verið tekin ákvörðun um nánari staðsetningu allra vinnsluholna eða í hvaða röð verður borað á borteigum.

Á borteigum kemur til greina að hafa fleiri en eitt borstæði og bora allt að 5 vinnsluholur þaðan með stefnuborunum. Áætlað heildarflatarmál svæða sem fara undir borteiga og slóða að þeim er um 100.000 m<sup>2</sup>. Hvar borað verður fer eftir niðurstöðum jarðfræðilegra og jarðeðlisfræðilegra rannsókna á svæðinu ásamt niðurstöðum úr blástursprófunum á þeim rannsóknaholum sem boraðar hafa verið. Núverandi borstæði eru um 3.500 m<sup>2</sup>. Með því að bora fleiri en eina holu á sama borteig skarast borstæðin og flatarmál raskaðs svæðis verður minna fyrir hverja holu. Borstæði eða hluti borstæða innan sama borteigs verða höfð á pöllum í mismunandi hæð þar sem halli er mikill. Það verður gert til að draga úr skeringum og laga þau að landinu. Lágmarksfjarlægð á milli borholna á sama borteig er talin vera um 20 m, en það ræðst m.a. af því hvaða bor verður notaður, fyrirkomulagi borplana og hvort gert er ráð fyrir uppsetningu blástursbúnaðar við hverja holu (Orkuveita Reykjavíkur 2003).

### Borun

Ráðgert er að bora 10 vinnsluholur á næstu tveimur árum. Um tveimur árum fyrir gangsetningu 40 MW rafstöðvar árið 2012 er áætlað að bora þurfi 8 vinnsluholur til viðbótar. Gert er ráð fyrir að eftir það þurfi að bora 1 holu á 5 ára fresti. Alls verða boraðar um 32 borholur fyrir 120 MW rafmagnsframleiðslu á 30 árum. Borað verður í allt að 3.000 m. Holur geta verið lóðréttar eða stefnuboraðar. Raundýpi holna sem boraðar hafa verið á virkjunarsvæðinu er um 1.700 – 2.800 m, en fjórar þeirra voru stefnuboraðar. Borun hvernar holu tekur um einn til tvo mánuði. Mynd 20 sýnir fyrirkomulag á borstæði við borun holu HE-4 á Hellsheiði.

Vatn er notað við borun til kælingar og skolunar á borsvarfi upp úr holunni. Við borun þarf að staðaldri 30 til 40 l/s af vatni á borinn og í einstaka tilfellum allt að 60 l/s ef algert skoltap verður. Þá kemur lítið eða ekkert vatn með borsvarf upp úr holunni. Frárennslið er sigtað til að skilja frá grófasta borsvarfið sem fellur á borstæðið við hlið dælukars og er jafnað úr því á borstæðinu. Fínni sandur er skilinn frá í sandskiljum. Borvatn er síðan leitt í svarfþróna þar sem megnið af fíngerðara borsvarfi botnfellur.

Borvatnsveita hefur verið lögð í jörð frá vatnstökustað við Hengladalsá inn á borsvæðið. Borvatnslögn að borstæðum er lögð ofanjarðar frá borvatnsveitu vegna borana, en að því loknu er lögnin fjarlægð.

Þegar borað er fyrir öryggisfóðringu er borvatnið oft blandað borleðju. Borleðjan flytur borsvarfið mun betur upp holuna en hreint vatn. Henni er hringrásað aftur niður í holuna. Borleirinn er hreinsaður náttúrulegur bentónítleir. Leirinn telst skaðlaus. Gert er ráð fyrir að notkun geti orðið allt að 25 tonn af bentónítleir fyrir hverja holu. Meðalnotkun hefur þó verið nær 10 tonnum fyrir hverja holu á Nesjavöllum.

Hugsanlegt er að gos verði í holunni, ef borað er í mjög heitar æðar á litlu dýpi. Til að hemja holuna getur þá þurft að laga borleðju úr eðlisþungri náttúrulegri steintegund, baríti. Allri borleðju er safnað í svarfþróna að notkun lokinni. Gerð er krafa um að við borun séu tiltæk allt að 20 tonn af baríti, sem nægir til að fylla 500 m djúpa 12¼" holu einu og hálfu sinni. Reynslan er sú á Nesjavöllum að grípa hefur þurft til baríts þrisvar við borun 22 holna.



Við steypingu fóðurröra er notuð steypa, sem blönduð er á staðnum. Þurrefnið í steypuna er sement ásamt kísilsalla, perlusteini og bentónítleiur. Gert er ráð fyrir að nota þurfi um 130 tonn af þurrefni við steypingu í meðal háhitaholu. Blöndun þurrefna og vatns fer fram í lokaðri hringrás.



**Mynd 20. Borun holu HE-4 á Hellisheiði.**

Við borun rannsókn- og vinnsluholna liggur frárennislögn frá dælukari jarðborsins í sérstaka safneða svarfþró. Svarfþróin er byggð fyrir skolvatnið sem frá holunum berst. Í hana safnast borsvarf, borleðja og steypueðja frá holunum og botnfellur þar. Magn borsvarfs er áætlað, þar sem nokkuð af borsvarfi tapast út í sprungur í jarðlögum sem borað er í gegnum. Rúmmál losaðs bergs við borun 2.000 m djúrrar holu er nálægt  $190 \text{ m}^3$ . Lausrúmmál þess er um 20% meira, en ætla má að aðeins um  $2/3$  þess eða um  $150 \text{ m}^3$  skili sér uppúr holunni. Allt efni og búnaður sem ekki tengist nýtingu holunnar verður fjarlæggt að borun lokinni.

Við borun og blástursprófanir verður frárennsli frá borholum á neðra svæðinu í lækinn í Sleggjubeinsdal og hverfur það síðan niður í hraun skammt frá. Á efra svæðinu verður það leitt í hraun, þar sem það hverfur niður eins og verið hefur frá rannsóknaholum á svæðinu. Á framkvæmdatímanum er áformað að láta þær borholur sem hafa verið boraðar blása þar til þær verða tengdar við gufuveitu virkjunarinnar. Á rekstrartíma virkjunarinnar verða borholur láttnar blása stuttan tíma áður en þær verða tengdar við gufuveituna.

### **Frágangur borholna**

Við gerð borstæða og við allar framkvæmdir sem þeim tengjast verður þess vandlega gætt að valda sem minnstu jarðraski. Að borun lokinni er borstæðið lagfært þannig að það falli sem best að umhverfinu og sáð í sár þar sem það á við.

Hljóðdeyfar verða settir við holar eftir borun. Lokuð hús verða sett yfir holutoppa til að verja búnað og koma í veg fyrir slys (mynd 21). Reglulegt eftirlit verður haft með holunum og holubúnaði. Að loknum borunum, upphleypingu og blæstri er borholan tilbúin til tengingar við gufuveitu virkjunarinnar.

### 3.3.3 Gufuveita

Helstu hlutar gufuveitu eru: Safnæðar frá allt að fimm borholum að hverjum safnæðastofni, safnæðastofnar, skiljustöðvar og aðveituæðar. Áætluð staðsetning þessara mannvirkja er sýnd á teikningu 1 fyrir kost I og teikningu 2 fyrir kost II.



Mynd 21. Rannsóknahola HE-6 að lokinni borun með skýli og hljóðdeyfi.

#### Safnæðar

Ein safnæð verður lögð ofanjarðar frá hverri vinnsluholu að safnæðastofni, sem leiðir jarðhitavökvann til skiljustöðvar. Ef fleiri holur eru á sama borteig tengjast þær safnæðastofni teignum. Allt að fimm holur tengjast hverjum safnæðastofni. Gert er ráð fyrir að fleiri lagnir liggi samhliða sömu leið. Almenn þarf að vera um 4 m breiður slóði meðfram safnæðum vegna framkvæmda. Áætluð lengd lagnaleiða á virkjunarsvæðinu er um 6 km fyrir kost I og 7 km fyrir kost II. Jarðraski verður haldið í lágmarki og sáð í vegslóða meðfram safnæðum þar sem það á við.

Athugaður hefur verið sá möguleiki að grafa safnæðar í jörð. Dæmi um möguleika sem kannaðir hafa verið eru: Að leggja hefðbundnar safnæðar í stökk, að nota foreingruð rör og stál í stál pípu. Stofnkostnaður við safnæðar grafna í jörðu er hins vegar mun hærri en safnæða sem lagðar eru á yfirborði. Kostnaður getur orðið allt að tvöfaldur. Munar þar mestu að ekki er hægt að nota venjuleg foreinangruð rör vegna hás hita vökvans í safnæðunum. Annars vegar eru hitaþenslur of miklar og hins vegar þolir pólýúreþan einangrunin ekki hitann. Fyrir hærri hita þarf að nota steinull sem gerir pípunar erfiðari í framleiðslu og því verður kostnaðurinn hærri. Rekstrarkostnaður og kostnaður vegna breytinga getur einnig orðið hærri. Almenn verður jarðrask meira vegna niðurgrafinna lagna en lagna á yfirborði. Jarðskrið hefur lítil áhrif á lagnir á yfirborði en getur skemmt niðurgrafnar lagnir. Hætta er á að tæring niðurgrafinna lagna vegna jarðvatns uppgötvist seint og geti leitt til slysa.

#### Skiljustöðvar

Jarðhitavökva frá borholum er safnað saman í gufuveitu. Á hverjum holutoppi er loki sem stýrir streymi frá þeirri holu. Frá holutoppi streymir vökvinn um safnæðar, sem sameinast í safnæðastofna, að skiljustöð. Ein til tvær gufuskiljur auk forskilju verða fyrir hverja 40 MW einingu rafmagns, en stærð þeirra er háð þrýstingi í gufuveitu. Skiljurnar eru einangraðar og álklæddar. Hlutverk þeirra er að skilja gufuna frá skiljuvatninu. Helstu mannvirki skiljustöðvar eru safnæðakistur, skiljur og skiljuhús. Skiljurnar

verða að mestu utanhúss en hluti þeirra ásamt tilheyrandi stjórnbúnaði innanhúss. Samkvæmt kosti I eru ráðgerðar 2 skiljustöðvar fyrir gufuöflun fullbyggðrar virkjunar. Þær verða í um 500 til 1.000 m fjarlægð frá fyrirhuguðu stöðvarhúsi. Áætluð staðsetning þeirra er ofan Hellisskarðs og vestan Þverfells, sjá teikningar 1 og 3. Sú fyrrnefnda um 500 m<sup>2</sup> að grunnfleti og sú síðarnefnda um 250 m<sup>2</sup>. Samkvæmt kosti II eru áformaðar 3 skiljustöðvar. Áætlað er að tvær verði á sama stað og í kosti I og að þriðja stöðin verði norðan við Gígahnúk, hver um sig um 250 m<sup>2</sup> að grunnfleti, sjá teikningar 2 og 4. Hæð skiljustöðva verður um 7-8 m.

### Aðveituæðar

Frá skiljustöðvum verða skiljuvatn og gufa leidd til stöðvarhússins um aðveituæðar sem verða ofanjarðar. Aðveituæðarnar verða 500 til 1.000 m langar stálpípur með einangrun og klæðningu. Gufunni verður veitt um rakaskiljur til rafstöðvar. Hlutverk rakaskilja er að hreinsa allt vatn úr gufunni áður en hún fer inn á gufuhverfla. Skiljuvatni verður veitt til varmastöðvar.

Áætlaðar lagnaleiðir aðveituæða frá skiljustöð á efra virkjunarsvæði niður Hellisskarð og frá skiljustöð á neðra virkjunarsvæði norðan Kolviðarhóls fyrir kost I eru sýndar á teikningum 1 og 3. Frá efra virkjunarsvæðinu að stöðvarhúsi við Kolviðarhól þarf tvær gufuaðveituæðar um 1,2 m að þvermáli og tvær skiljuvatnsaðveituæðar um 1 m að þvermáli. Frá skiljustöð á neðra virkjunarsvæði verða lagðar tvær aðveituæðar að stöðvarhúsinu.

Áætlaðar lagnaleiðir aðveituæða kosts II eru sýndar á teikningum 2 og 4. Þær eru þær sömu og fyrir kost I en við bættist lagnaleið gufuaðveituæðar frá skiljustöð norðan Gígahnúks að stöðvarhúsi við Gígahnúk. Gert er ráð fyrir að skiljuvatnsaðveituæð frá sömu skiljustöð verði lögð samhliða öðrum lögnum á efra virkjunarsvæðinu og niður Hellisskarð að varmastöð við Kolviðarhól.

Útblástursbúnaður við aðveitulagnir stjórnar þrýstingi í gufuveitunni. Útblástursbúnaðurinn samanstendur af stjórnlokum fyrir gufu og gufuháfum sem eru nægilega háir til að beina gufunni frá nálægum mannvirkjum. Lokahús hýsir stjórnloka og tilheyrandi búnað. Áætlað er að útblástursbúnaðurinn verði á byggingarreit í nágrenni Kolviðarhóls við kæliturn virkjunarinnar samkvæmt kosti I, sjá teikningar 1 og 3. Áætluð staðsetning útblástursbúnaðar samkvæmt kosti II, er á byggingarreitum við kæliturna virkjunarinnar við Kolviðarhól og Gígahnúk (teikningar 2 og 4).

### 3.3.4 Stöðvarhús

#### Kostur I

Samkvæmt kosti I er áformað að stöðvarhús virkjunarinnar verði reist á byggingarreit við Kolviðarhól, sýnt á teikningum 1 og 3. Öll helstu tæki verða innandyra vegna veðurfars. Grunnflötur stöðvarhúss fullbyggðrar virkjunar er áætlaður um 3.400 m<sup>2</sup> og hæð um 15 m. Í stöðvarhúsi verður 120 MW rafstöð og allt að 400 MW varmastöð.

#### Kostur II

Í kosti II er einnig áformað að stöðvarhús verði reist á fyrirhuguðum byggingarreit við Kolviðarhól og að það hýsi 80 MW rafstöð og allt að 400 MW varmastöð. Jafnframt er fyrirhugað stöðvarhús fyrir 40 MW rafstöð á byggingarreit austan við Gígahnúk, sjá á teikningar 2 og 4. Öll helstu tæki verða innandyra vegna veðurfarsins. Grunnflötur stöðvarhúss virkjunar við Kolviðarhól er áætlaður um 2.800 m<sup>2</sup> og hæð um 15 m. Stöðvarhús við Gígahnúk verður um 600 m<sup>2</sup> og um 15 m hátt.

### 3.3.5 Kæliturn

#### Kostur I

Kæliturn verður reistur í þremur einingum við hlið stöðvarhússins, sjá teikningu 1. Hann verður samtals um 1.800 m<sup>2</sup> að grunnfleti og um 15 m hár. Efst í turninum verða víftur sem draga loft í gegnum hann.



## Kostur II

Samkvæmt þessum kostir er áætlað að reisa tvo kæliturnar. Annan í tveimur einingum við hlið stöðvarhúss í nágrenni Kolviðarhóls og hinn við hlið stöðvarhúss við Gígahnúk sjá teikningu 2. Sá fyrrnefndi verður um 1.200 m<sup>2</sup> og um 15 m hár og hinn síðari 600 m<sup>2</sup> og jafnhár.

### 3.3.6 Vatnsveita og vatnsból

Lögð verður um 5 km löng niðurgráfin lögð fyrir ferskt vatn að virkjuninni frá fyrirhuguðu vatnsbóli við Engidalskvísl vestan Húsmúla. Einnig verður lagður vegur að vatnsbólinu og er gert ráð fyrir að lögnin verði meðfram veginum. Skilgreint hefur verið vatnsverndarsvæði í grennd vatnsbólsins, sjá mynd 1. Vatnsverndarsvæðið er ákvarðað í samráði við Sveitarfélagið Ölfus og er í samræmi við tillögu að nýju aðalskipulagi sveitarfélagsins.

Fyrir fullbúna virkjun er áætluð ferkvatnspörf um 1.700 l/s til framleiðslu á heitu vatni í varmastöð virkjunarinnar. Bora þarf allt að 24 ferskvatnsholur á fyrirhuguðu vatnstökusvæði við Engidalskvísl. Borholurnar verða um 100 til 200 m djúpar, með um 100 metra millibili og má taka um 100 l/s úr hverri. Vatninu verður dælt um ferkvatnsæðina í um 2.000 m<sup>3</sup> vatnsgeyma við stöðvarhúsið. Brunnsvæðið vatnsverndarsvæðisins er um 2,6 km<sup>2</sup> að flatarmáli. Áætlað vatnstökusvæði er um einn tíundi þess flatarmáls. Fjallað er nánar um ferskvatnsöflun í kafla 5.3 um mat á áhrifum virkjuninnar á vatnafar. Áætluð lega vatnsbóls, ferkvatnsæðar og vegslóða með henni er sýnd á teikningu 1. Vatnsgeymar verða í nágrenni stöðvarhúss innan byggingareits við Kolviðarhól. Á virkjunarsvæðinu er borvatnsveita úr Hengladalsá, sem var lögð í fyrsta áfanga rannsóknaborana á Hellisheiði. Hún var nýtt við 2. og 3. áfanga rannsóknaborana og mun nýtast áfram við vinnsluboranir á virkjunarsvæðinu.

### 3.3.7 Fráveita

#### Losun skiljuvatns og þéttivatns

Skiljuvatn og þéttivatn sem veitt verður frá virkjuninni er nefnt affallsvatn. Skiljuvatn er jarðhitavatn og þéttivatn er þétt gufa, sem er nánast eimað vatn. Skiljuvatn frá skiljustöðvum verður notað sem varmagjafi og að því búnu veitt frá varmastöðinni. Gufan verður kæld í eimsvölum og þéttist í þéttivatn, sem að hluta er nýtt sem kælivatn í kæliturni en afgangnum verður veitt í niðurrennslisholur með skiljuvatni. Áætlað magn affallsvatns verður að hámarki jafnmikið og sá jarðhitavökvi sem verður tekinn upp úr jarðhitageyminum. Hluti þéttivatnsins gufar upp í kæliturnum. Áætlað magn niðurrennslis er um 750 l/s af skiljuvatni og rúmlega 150 l/s af þéttivatni eða samtals um 900 l/s affallsvatns frá fullbyggðri virkjun. Fjallað er um efnainnihald affallsvatns og áhrif niðurrennslis þess á vatnafar í kafla 5.3.

Afallsvatn frá virkjuninni verður losað með niðurrennsli í borholur á um 400 m dýpi. Það verði leitt um 3,5 km frá stöðvarhúsi til suðvesturs að niðurrennslistvæði við Lambafellshnúk. Hugsanlega einnig að öðru niðurrennslistvæði austan Lambafells í Þrengslum. Áætlað er að niðurrennslistveitan verði tvær stálpípur á yfirborði, hvor um sig 1 m í þvermál, meðfram núverandi slóðum og vegum þar sem það er hægt. Hún mun þvera Suðurlandsveg við Hamragilsvegamót og Þrengslaveg austan við Lambafellshnúk, Hún verður lögð í ræsi undir vegi. Samráð verður haft við Vegagerðina um þá framkvæmd og eru viðræður þegar hafnar. Vestan Hamragilsvegamóta verður æðin í Svínahrauni meðfram núverandi Suðurlandsvegi, sem verður aflagður á þessum kafla með tilkomu nýs vegar. Milli nyrðra og syðra niðurrennslistvæðisins verður lögnin vestan við Þrengslaveg. Þess verður gætt að halda jarðraski í lágmarki og vanda frágang að lokinni framkvæmd. Áætluð stærð niðurrennslistvæða er samtals um 4.500 m<sup>2</sup> og þar er gert ráð fyrir alltað 11 niðurrennslisholum fyrir fullbyggða virkjun, þ.e. um einni niðurrennsliholu fyrir hverjar þrjár gufuvinnsluholur.

Reynist af einhverjum ástæðum nauðsynlegt að hætta um tíma losun affallsvatns í borholur á fyrrgreindu niðurrennslistvæði, þá er gert ráð fyrir losun þess á afmörkuðu svæði á yfirborði, í allt að 3 mánuði, í nágrenni stöðvarhússins vestan við Kolviðarhól og sunnan við hitaveituvæðina. Affallsvatnið verður leitt í niðurgráfinni lögð frá stöðvarhússvæðinu að grunnnum og víðum svelgholum sem verða útbúnar í hrauni á svæðinu. Það er háð lekt bergsins hvað margar svelgholurnar verða. Með þessu

fyrirkomulagi mun affallsvatnið hripa niður í hraunið og safnast ekki fyrir á yfirborði á losunarsvæðinu. Áætluð staðsetning er sýnd á teikningu 1.

Kannað verður hvort fýsilegt er að losa affallsvatn frá virkjuninni í jarðhitageyminn með niðurrennsli í dýpri borholur. Ef það verður gert er áætlað að bora til þess djúpar holur á niðurrennsli svæðinu við Lambafellshnúk.

### Útstreymi jarðhitalofttegunda

Gufan frá hverflunum er leidd til eimsválanna, sem eru röravarmaskiptar. Óþéttanlegar gastegundir í gufunni eru fjarlægðar úr eimsvölunum með lofttæmidælum og veitt til lofts. Áætlað útstreymi jarðhitalofttegunda fyrir fullbúna virkjun er um 24.300 tonn/ári. Um efnainnihald og áætlað útstreymi jarðhitalofttegunda er nánar fjallað í kafla 5.4 um mat á áhrifum virkjunarinnar á loftgæði.

### Losun skólps

Skólþ mun aðallega berast frá vinnubúðum á framkvæmdatíma og gestamóttöku á svæðinu á rekstrartíma virkjunarinnar. Við losun skólps verður farið að ákvæðum 6., 15. og 16 gr. reglugerðar nr. 798/1999 um losun skólps, leyfisveitingar og fráveitur. Samráð verður haft við Heilbrigðiseftirlit Suðurlands um fyrirkomulag við meðhöndlun, hreinsun og losun á skólpi samhliða vinnslu starfsleyfis virkjunarinnar sbr. reglugerð nr. 785/1999 um starfsleyfi fyrir atvinnustarfssemi sem getur haft í för með sér mengun.

#### 3.3.8 Hitaveituæð

Niðurgrafin hitaveituæð verður lögð um 18 km leið frá stöðvarhúsinu við Kolviðarhól að miðlunargeymum Orkuveitu Reykjavíkur á Reynisvatnsheiði (mynd 1 og teikning 1). Lögnin verður hönnuð til að anna flutningi á heitu vatni frá allt að 400 MW varmastöð. Ráðgert er að fylgja að mestu núverandi háspennulínunum. Næst virkjuninni fylgir lögnin í fyrstu gamla þjóðveginum frá Kolviðarhól inn á Svínahraun. Síðan verður lögnin sunnan við Sogslínu 2 alla leið vestur fyrir spennivirkið á Geithálsi þar sem hún þverar háspennulínuna til norðvesturs að miðlunargeymunum á Reynisvatnsheiði.

Áætlað er að grafa þurfi 3-5 m breiðan skurð fyrir foreinangraða lögn, sem verður um 1 m í þvermál. Að lokinni framkvæmdinni verður fyllt í skurðinn og yfirborðið sléttað og grætt upp til samræmis við nánasta umhverfi. Vegslóðar sem fyrir eru þ.e. gamli þjóðvegurinn og línuvegur meðfram Sogslínu 2 verða nýttir við framkvæmdina eins og hægt er. Borið verður í vegslóða sem verða notaðir og þeir lagfærðir ef þarf. Eins og greint er frá í kafla 3.3.1 verður um 4 m breiður þjónustuvegur meðfram hitaveituæðinni. Gert er ráð fyrir að leggja að mestu nýjan 14 km vegslóða meðfram æðinni frá þeim stað þar sem hún vikur frá gamla þjóðveginum norðan Litlu kaffistofunnar.

#### 3.3.9 Tenging við rafveitukerfi

Flutningur raforkunnar verður í höndum flutningsfyrirtækis í samræmi við nýsett raforkulög nr. 65/2003. Gert er ráð fyrir að rafstöð virkjunarinnar tengist á 132 kV inn á núverandi háspennulínu Landsvirkjunar á svæðinu.

#### 3.3.10 Vinnubúðir

Þegar framkvæmdir standa sem hæst verða um 100 menn við vinnu á svæðinu. Á byggingartíma virkjunarinnar munu verða reistar vinnubúðir á neðra virkjunarsvæðinu en ekki er gert ráð fyrir neinni gistiaðstöðu. Áætlað er vinnubúðirnar verði innan byggingarreits við Kolviðarhól, sjá teikningu 1.

#### 3.3.11 Önnur mannvirki

Byggð verður aðstaða fyrir starfsmenn stöðvarinnar og áhaldahús. Þessi aðstaða verður byggð við stöðvarhúsið. Miðað við reynslu af rekstri gestamóttöku á Nesjavöllum er talið að búast megi við allt að 30.000 gestum á ári að virkjun á Hellsheiði. Gert verður ráð fyrir móttöku gesta í stöðvarhúsinu.

#### 3.3.12 Náma

Þörf á fyllingarefnum hefur annars vegar verið áætluð fyrir framkvæmdir á virkjunarsvæðinu og hins vegar fyrir hitaveituæð frá Hellisheiði til Reykjavíkur. Áætlað magn fyllingarefna sem þarf er um 500.000 m<sup>3</sup> fyrir fullbyggða virkjun, samanber töflu 7. Miðast það við þjappaða frágengna fyllingu. Gerð var könnun á mögulegum efnistöðustöðum á og í nágrenni við efri og neðri hluta virkjunarsvæðisins. Leitað var að stað með hentugu jarðefni sem næst byggingarstað. Einnig var miðað við að umhverfisáhrif efnistöku yrðu sem minnst. Ekki fannst neinn heppilegur efnistöðustaður á efra virkjunarsvæðinu.

Tafla 7. Áætluð þörf fyllingarefna.

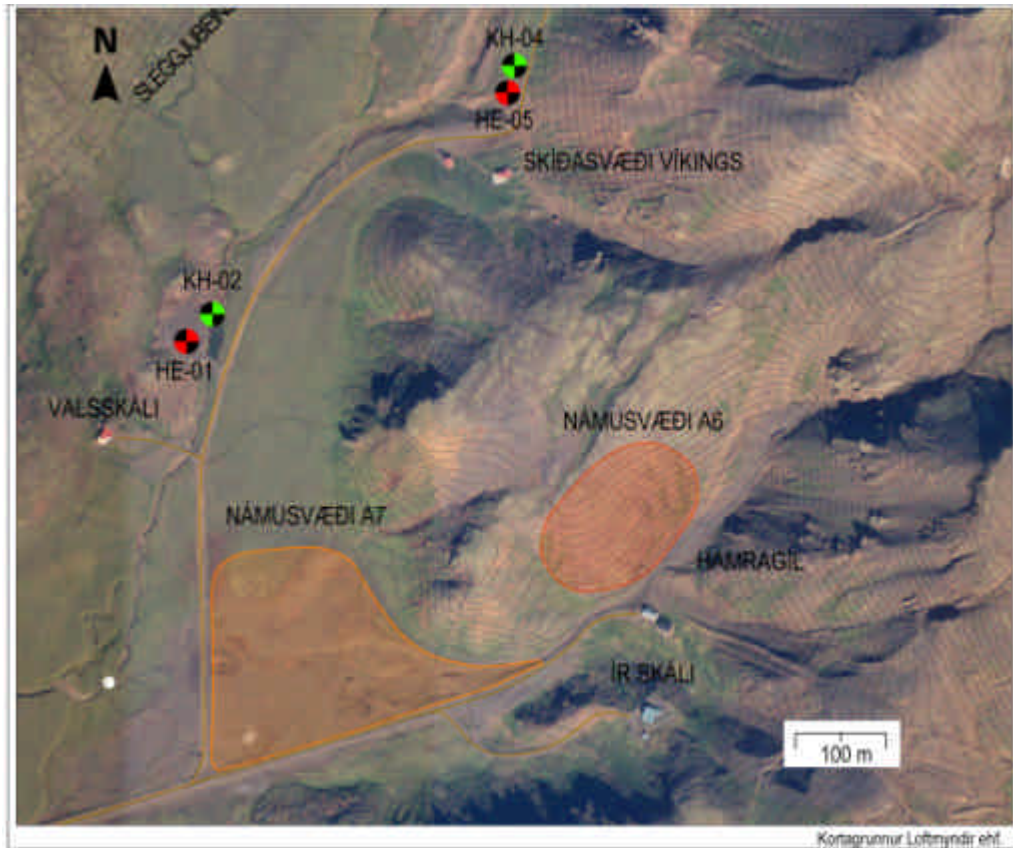
Gerð fyllingarefnis	Virkjunarsvæði	Hitaveituæð	Samtals
Burðarfylling undir mannvirki	100.000 m <sup>3</sup>	10.000 m <sup>3</sup>	110.000 m <sup>3</sup>
Burðarfylling í vegi og plön	250.000 m <sup>3</sup>	70.000 m <sup>3</sup>	320.000 m <sup>3</sup>
Fylling um lagnir í jörð	20.000 m <sup>3</sup>	35.000 m <sup>3</sup>	55.000 m <sup>3</sup>
<b>Heildarþörf fyllingarefna</b>	<b>370.000 m<sup>3</sup></b>	<b>115.000 m<sup>3</sup></b>	<b>485.000 m<sup>3</sup></b>

Helst er talið koma til greina að efnistaka fari fram á námusvæði A6 í vestanverðu Hamragili gegnt skíðasvæði ÍR (mynd 22 og 23). Um er að ræða bólstrabergsmyndun þar sem hægt er að vinna efni í gæðafyllingar. Námusvæði A6 er um 20.000 m<sup>2</sup> að flatarmáli. Talið er að vinna megi allt að 600.000 m<sup>3</sup> á þessum stað. Þarna verður því hugsanlega hægt að vinna stóran hluta þess fyllingarefnis sem þarf fyrir framkvæmdir á virkjunarsvæðinu. Vegur að skíðasvæði ÍR liggur alveg upp að fyrirhuguðu námusvæði. Reikna má með að ef opnuð verður náma á þessu svæði verði hún opin og nýtt eingöngu af Orkuveitu Reykjavíkur fyrir virkjunina.

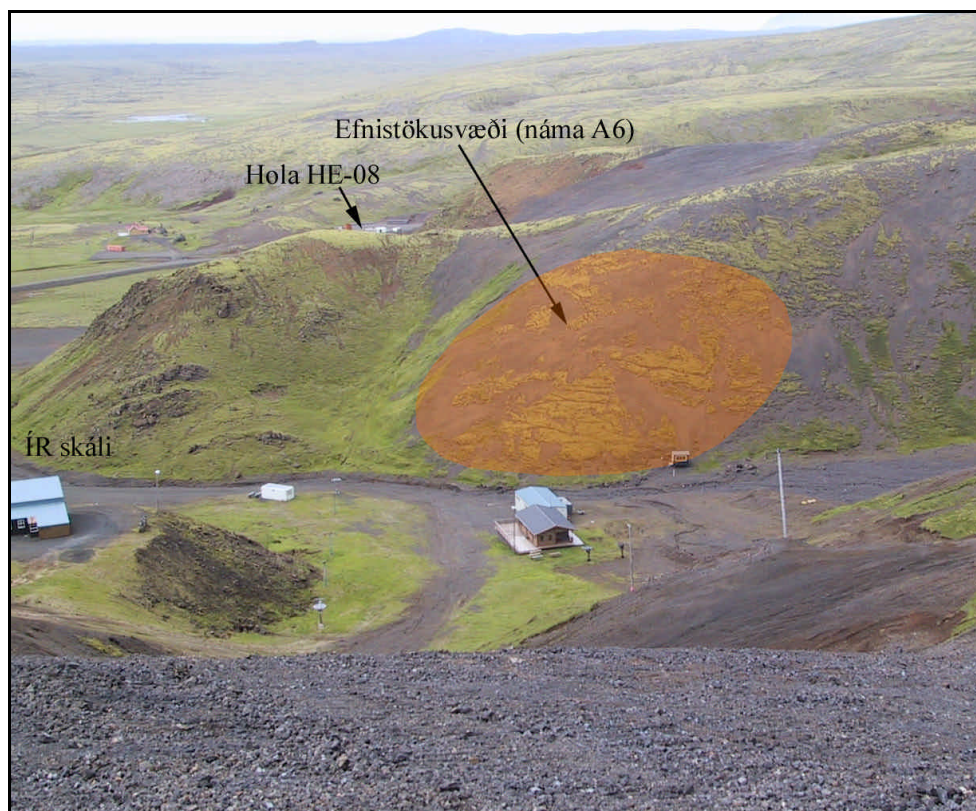
Uppgröftur sem ekki nýtist við framkvæmdirnar verður losaður í gamlar námur á svæðinu. Á neðra svæðinu er fyrirhugað að dýpka gamla námu á námusvæði A7 sem er á framburðarsléttu í Hamragili (mynd 22 og 24). Svæðið er um 40.000 m<sup>2</sup>. Allt efni sem reynist hentugt verður nýtt við framkvæmdir á virkjunarsvæðinu. Að því loknu verður náman fyllt af uppgreftri og umhverfið lagað og grætt upp ef við á. Á efra svæðinu er áformað að nota uppgroft sem ekki nýtist á annan hátt til þess að fylla, móta og snyrta gamlar námur við Gígahnúk. Góð aðkoma er að báðum þessum svæðum.

Ef ekki finnst hentugt efni á fyrirhuguðum námusvæðum eða það talið henta betur verður fyllingarefni flutt að úr opnum námum í nágrenninu t.d. úr Lambafelli við Þrengslaveg og úr Bolöldum. Þetta getur m.a. átt við um fyllingarefni vegna framkvæmda á efra virkjunarsvæði og við hitaveituæð fjær virkjunarsvæðinu.





Mynd 22. Yfirlitsmynd af efnistökusvæði A6 og efnistöku/losunarsvæði A7.



Mynd 23. Efnistökusvæði A6 í Hamragili.



Mynd 24. Gamlar námur framan við Hamragil.

### 3.4 Losun úrgangs

Geymsla, flutningur og losun úrgangs verður í samræmi við reglugerð nr. 805/1999 um úrgang. Á byggingartíma virkjunarinnar munu verktakar losa úrgang í sérstaka gáma sem fjarlægðir verða af gámaþjónustu. Búast má við að sorphirða á rekstartíma verði í höndum Sveitarfélagsins Ölfuss, nema samið verði um annað. Allur úrgangur verður losaður á viðurkenndum förgunarstað.

Hefð er fyrir því að ganga frá borsvarfi að borun lokinni á borstæðinu.

Ráðgert er að á framkvæmdasvæðinu verði smur- og olíuáfyllingarplan fyrir vinnuvélar og flutningabíla, þar sem frárennsli er leitt um olúgildru til hreinsunar olíu. Í samræmi við lög nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir og reglugerð nr. 806/1999 um spilliefni verða olúgryfjur undir spennum, vélum og olúgeymslum í orkuverinu. Allt frárennsli annað en skólp verður leitt í gegnum olúskilju.



## 4 AÐFERÐAFRÆÐI

### 4.1 Inngangur

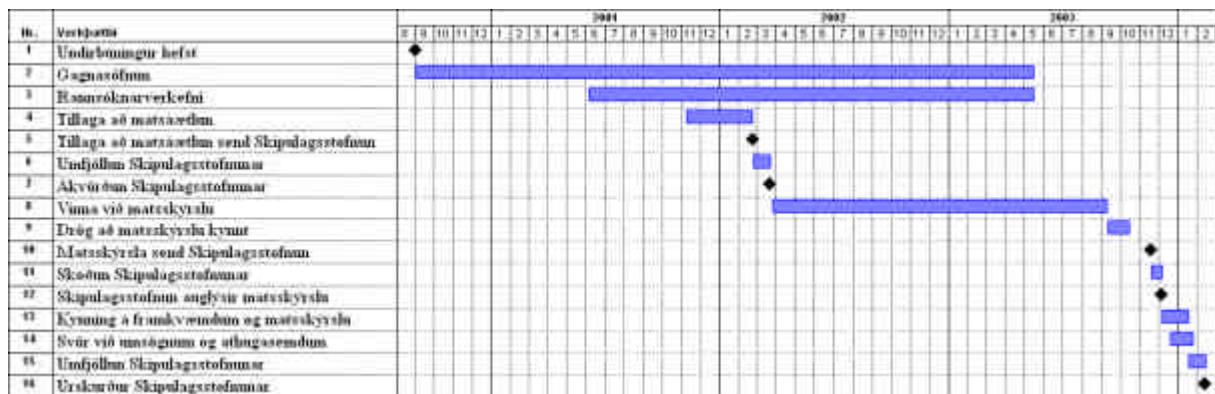
Í þessum kafla er fjallað um aðferðir sem beitt hefur verið við mat á umhverfisáhrifum jarðvarma-  
virkjunar á Hellisheiði. Greint er frá því hvaða hlutar framkvæmdarinnar eru helst taldir hafa áhrif á  
umhverfið og á hvaða umhverfisþætti áhersla er lögð á til að meta áhrif framkvæmdarinnar.

### 4.2 Mat á umhverfisáhrifum

Til að greina áhrif fyrirhugaðrar virkjunar var aflað upplýsinga um framkvæmdina og grunnástand  
umhverfisins á og í nágrenni virkjunarsvæðisins á Hellisheiði. Einnig á svonefndu vatnstökusvæði og á  
leið hitaveituæðar frá virkjuninni til Reykjavíkur.

Áætlun um öflun gagna, rannsóknir og val á aðferðum við mat á umhverfisáhrifum var kynnt fyrir  
almennungi og hagsmunaaðilum. Eftir það var hún lögð fyrir Skipulagsstofnun sem féllst á hana í apríl  
2002. Þá hófst mat á umhverfisáhrifum virkjunarinnar sem lauk með gerð matsskýrslu í nóvember  
2003. Fallist Skipulagsstofnun á að matsskýrslan uppfylli þær kröfur sem eru gerðar auglýsir stofnunin  
framkvæmdina og matsskýrsluna. Þar með hefst opinbert kynningarferli og athugun Skipulagsstofnunar  
sem lýkur með úrskurði þar sem fallist er á, með eða án skilyrða, eða lagst gegn framkvæmdinni. Tafla  
8 sýnir tímaáætlun mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellisheiði.

Tafla 8 Tímaáætlun mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellisheiði.



Við lýsingu umhverfisins voru annars vegar nýtt þau gögn sem voru til um svæðið og hins vegar byggir  
umfjöllunin á niðurstöðum rannsókna sem voru gerðar í tengslum við mat á umhverfisáhrifum og  
undirbúning jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði. Rannsóknir náðu til mun stærra svæðis en nemur sjálfu  
framkvæmdasvæðinu. Sérstaklega á það við um grunnvatnsrannsóknir. Við rannsóknir á umhverfi og  
náttúruferli svæðisins var lögð áhersla á að skrá það sem er sérstætt á einhvern hátt og leggja mat á  
verndargildi þess.

Út frá upplýsingum um umfang og tilhögun framkvæmdar, vinnslurás virkjunarinnar og áætlaða stærð  
og rekstrarform virkjunarinnar er lagt mat á það hvaða þættir hennar hafa mest áhrif á umhverfið.

Við mat á umhverfisáhrifum er tekið mið af lögum, reglugerðum, stefnu stjórnvalda og alþjóða-  
samningum. Má þar nefna reglur um vatnsgæði, loftgæði, hljóðstig, meðhöndlun úrgangs, lög um  
náttúruvernd, samninga um verndun villtra dýra og plantna, losun gróðurhúsalofttegunda, vernd  
menningarminja og nýtingu náttúruauðlinda. Einnig eru hafðar til hliðsjónar athugasemdir og ábendingar  
umsagnaraðila, leyfisveitenda, sérfræðinga og annarra er málið varðar.

Greining áhrifa- og umhverfisþátta fór fram samhliða því að unnið var að tillögu að matsáætlun. Í  
matsvinnunni hélt sú vinna áfram út frá spá um breytingar á umhverfinu með tilkomu virkjunarinnar,

staðsetningu og umfangi mannvirkja og áætluðu raski á áhrifasvæði framkvæmdarinnar. Í matsskýrslunni er lögð áhersla á að fjalla um þá þætti framkvæmdarinnar sem valda umhverfisáhrifum og þá umhverfisþætti sem helst verða fyrir áhrifum. Jafnframt er greint frá hvers konar áhrif framkvæmdin hefur á umhverfið, þ.e. bein, óbein, jákvæð, neikvæð, tímabundin, varanleg, afturkræf og óafturkræf áhrif.

### 4.3 Áhrifaþættir

Eftirfarandi þættir jarðvarmavirkjunar á Helligheiði eru helst taldir hafa áhrif á umhverfið.

- Byggingar
- Lagnir
- Borteigar
- Vegir
- Borun
- Fráveita affallsvatns
- Fráveita jarðhitalofteygunda
- Vatnsveita og vatnsból
- Nýting jarðhitans
- Efnistaka

### 4.4 Umhverfisþættir

Gerð er grein fyrir mati á áhrifum á eftirfarandi umhverfisþætti:

- Jarðhita og orkuforða
- Vatnafar
- Loftgæði
- Gróðurfar
- Dýralíf
- Lífríki hvera
- Skipulag og landnotkun
- Jarðmyndanir og landslag
- Menningarminjar
- Sjónræn áhrif
- Hljóðvist
- Samfélag
- Ferðaþjónusta og útivist
- Samgöngur

### 4.5 Áhrifasvæði

Áhrifasvæði framkvæmdarinnar er sýnt á teikningum 1 og 2, en það markast af jarðraski sem verður í næsta nágrenni við mannvirki, s.s. byggingar, vegi, borteiga, lagnaleiðir, vatnsból og niðurrenslissvæði. Framkvæmdin getur einnig haft áhrif í meiri fjarlægð frá mannvirkjum, t.d. vegna breyttrar ásýndar svæðisins, hækkaðs hljóðstigs í nágrenni virkjunarinnar og losunar affallsvatns í grunnvatni.



## 5 UMHVERFISÁHRIF FRAMKVÆMDA

### 5.1 Inngangur

Í þessum kafla verður gerð grein fyrir mati á umhverfisáhrifum jarðvarmavirkjunar á Hellsheiði, samkvæmt kostum I og II, á helstu umhverfisþætti. Rakin verða þau áhrif sem vænta má af framkvæmdunum og þær mótvægisáðgerðir sem til greina koma til að draga úr þeim áhrifum ef við á. Niðurstöður matsins eru svo teknar saman í lok umfjöllunar um hvern umhverfisþátt.

### 5.2 Jarðhiti og orkuforði

#### 5.2.1 Almenn

Eftirfarandi kafli fjallar um orkuforðann á Hengilssvæðinu og byggist á skýrslu Íslenskra orkurannsókna um reiknilíkan af jarðhitakerfum í Hengli og spár um framtíðarástand við allt að 120 MW rafmagnsframleiðslu á Hellsheiði og 120 MW á Nesjavöllum (Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson 2003). Áhrif kosta I og II eru sambærileg hvað varðar jarðhita og orkuforða.

#### Saga hermireikninga á Hengilssvæðinu

Tekist hefur að þróa víðtækt reiknilíkan af sprungustykki Hengilsins. Það hermir nær öll þau gögn sem aflað hefur verið um flæði orku og massa á svæðinu frá því að hola 5 er boruð á Nesjavöllum árið 1975. Fyrsta útgáfa reiknilíkans Nesjavalla var unnin milli 1984 og 1986. Spár gáfu til kynna að Nesjavallasvæðið mundi standa undir ígildi 300 MW heitavatnsvinnslu í 30 ár. Síðan kemur í ljós kringum 1992 að lækkingun þrýstings á Nesjavöllum varð ekki jafnhröð og ætla mátti í fyrstu. Því var ráðist í að endurvarða líkanið, sem leiddi til þess að áætluð vinnslugeta svæðisins hækkaði úr ígildi 300 MW heitavatnsvinnslu í 400 MW. Árið 1998 var síðan afraðið að endurvarða Nesjavallalíkanið. Í framhaldinu var því spáð að svæðið stæði ágætlega undir 60 MW raforkuvinnslu og 200 MW í varma næstu 30 árin, að því gefnu að boraðar yrðu 4 viðbótarholur.

Enn var farið í líkanreikninga milli 1999 og 2000, að þessu sinni með það að markmiði að kanna fýsileika þess að stækka orkuverið á Nesjavöllum í 90 MW rafmagns og 300 MW varma. Niðurstaðan varð að stækkun rafstöðvar í 90 MW væri vel möguleg, en að búast ætti við kælingu holna á svæðisjörðrum eftir því sem fram liði. Því væri eðlilegt að gera ráð fyrir einhverri dölun í rafmagnsframleiðslu seint á spátímanum, en að mikil orka byggji enn sem áður í Nesjavöllum til heitavatnsframleiðslu langt yfir þau 30 ár sem spár náðu yfir. Reiknilíkan hefur verið þróað samhliða vinnslunni á Nesjavöllum frá árinu 1987 og uppfært margsinnis eftir því sem vinnslu- og borsagan lengist. Reiknilíkan fyrir allt Hengilssvæðið hefur verið í þróun allt frá haustinu 2001 og var markmiðið að gera líkan til að meta afkastagetu jarðhitasvæðanna á Nesjavöllum og á Hellsheiði. Eftirfarandi atriði voru höfð að leiðarljósi við gerð reiknilíkansins:

- Einungis eitt og sama líkanið myndi herma bæði svæðin, Nesjavelli og Hellsheiði.
- Einungis eitt hita- og massauppstreymi undir Hengli hiti bæði svæðin að núverandi hita- og þrýstíástandi.
- Hugsanlega megi einnig skýra jarðhitann á Ölkelduhálsi og í Hveragerði með þessu sama uppstreymi, þó önnur uppstreymissvæði kunni fremur að vera þar að verki.
- Ungar gossprungur, sem ganga bæði gegnum Hellsheiði og Nesjavelli, virka sem meginleiðarar fyrir streymi heita vökvans í jörðinni, út frá uppstreyminu undir Hengli.
- Eiginleikar jarðlaga á Nesjavöllum verði í upphafi þeir sömu og í eldri reiknilíkönunum, og dreifing bergeiginleika á Hellsheiði verði einnig höfð í upphafi reikninga svipuð og á Nesjavöllum.

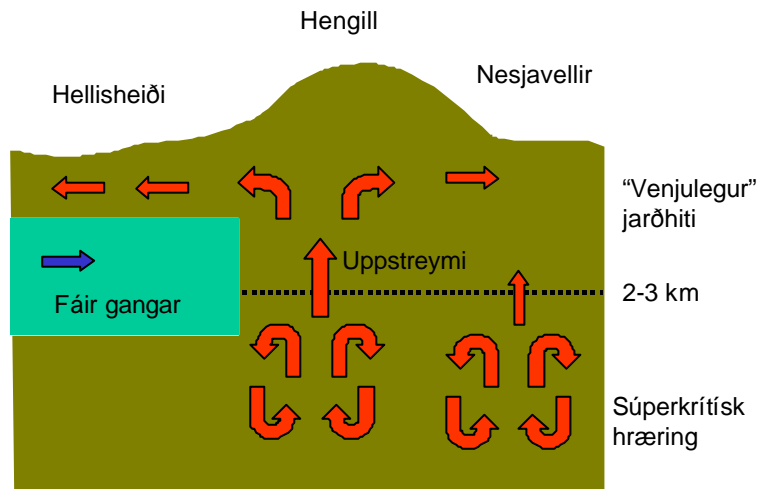
Með þessari aðferðafræði vannst þrennt: 1) afrakstur fyrri líkanreikninga gengur beint inn í nýja líkanið, 2) nýja líkanið verður fært um að meta áhrif vinnslu úr öðru svæðanna, Nesjavalla eða Hellisheiðar, á hitt og 3) nýjustu og öflugustu útgáfur af hermiforritum og tölvum eru að baki reiknilíkaninu.

### Hugmyndalíkan jarðhitans í Hengli

Sem fyrr greinir hníga nú allar rannsóknir til þess að jarðhitinum í Hengli sé stjórnað af samnefndri megineldstöð. Djúpt undir henni hagi þannig hita- og þrýstiástandi að lóðrétt lekt sé greið og að heitur vökvi stígi þar upp. Þessi vökvi leitar síðan út eftir virku sprungustykki Hengilsins, bæði til norðurs í átt að Nesjavöllum en einnig til suðurs í átt að Hellisheiði.

Nýlegar boranir á Hellisheiði hafa svo leitt í ljós að hugmyndalíkan ráðandi lektar í sprungustykki Hengilsins stenst með ágætum, en að ákveðin jaðareinkenni eru kominn í jarðhitann á þessu svæði. Megindrættirnir hér eru, líkt og á Nesjavöllum, sprungurein Hengilseldstöðvarinnar, mörkuð af misgengjum. Þá eru áberandi frá nútíma tvær gossprungur á Hellisheiði, sem einnig náðu að gjósa á Nesjavöllum en slitna í sundur um há-Hengilinn. Er sú vestari um 5500 ára gömul en sú eystri um 2000 ára.

Mynd 25 sýnir á einfaldan hátt það hugmyndalíkan sem nú þykir best lýsa jarðhitinum í Hengilseldstöðinni. Valið er að tvískipta því með dýpi. Ofan 2-3 km dýpis finnast hin hefðbundnu jarðhitakerfi sem seilst er til með nútímaborunum. Þau hafa í tímans rás verið hituð upp með uppstreymi djúpvatns undir Hengli. Þessi vökvi hefur síðan leitað til norðurs og suðurs frá uppstreyminu, mest lárétt en einnig út til yfirborðs um hverasvæði. Þá má vera að staðbundin uppstreymi heits djúpvökva sé að finna víðar, til að mynda við holu 11 á Nesjavöllum þar sem þeir krossast aðalleikarnir í höggunarsögu Hengilsins, Bitrusprungan og sprungustykki Hengils.



Mynd 25. Hugmyndalíkan að jarðhitinum í Hengli.

Á Nesjavöllum, norðan Hengils er hiti vaxandi með dýpi og einnig þéttleiki innskota. Á Hellisheiði er þessu hins vegar öfugt farið, hiti er viðsnúinn og innskot fátíðari. Líkast til á sér stað krossflæði vökva á Hellisheiði. Ofan til sækir heiti og létti varmastraumurinn frá Hengli undan Skarðsmýrarfjalli og áfram til suðurs. Á meira dýpi er vatnið hins vegar orðið kaldara og eðlisþyngra. Það sækir því til norðurs, í átt að Hengilsuppstreyminu. Þar mætir það djúpa og heita uppstreyminu, blandast því, hitnar, léttist og stígur upp til að hefja nýja hringrás í sprungustykkinu.

Í reiknilíkaninu, er neðri hluti þess látinn enda við strikalínuna á 2-3 km dýpi. Þessi mót í jarðskorpunni verða því algerlega þétt í líkaninu.



### 5.2.2 Áhrif framkvæmdar

#### Spátílvik

Sjö spátílvik voru skoðuð fyrir virkjun á Hellisheiði. Fyrstu spána má kalla viðmiðunarspá. Í henni er 120 MW raforkuvinnsla í gangi á Nesjavöllum fram til ársins 2035 og engin vinnsla á Hellisheiði á meðan. Síðan er reiknað ástand Hellisheiðar við ígildi 40, 80 og 120 MW raforkuvinnslu og að vinnsla á Nesjavöllum haldi áfram í 120 MW. Er þá annars vegar gert ráð fyrir að ekkert niðurrennsli eigi sér stað í virkjun á Hellisheiði, hins vegar að nánast allt skiljuvatn renni niður í djúpar borholur sunnan Suðurlandsvegur við Hveradali.

Holufjöldi er áætlaður miðað við mismunandi spátílvik, þ.e. með og án niðurrennslis. Má þannig skoða óbeint ávinning niðurrennslis. Í reiknilíkaninu er gert ráð fyrir að virkjað verði á Hellisheiði í þrepum. Þannig að 40 MW rafstöð fari í gang árið 2005, stækkað verði í 80 MW árið 2010 og að 120 MW áfanginn komi í gagnið árið 2015.

#### Staðalholan

Segja má að reiknilíkan líkt því sem hér er til umfjöllunar hafi tvenns konar tilgang. Annars vegar að sýna fram á að jarðhitakerfið sem er til umfjöllunar standi undir þeirri vinnslu sem áformuð er og hins vegar að nota megi það til að spá um þann holufjölda sem þarf til að reka áformaða virkjun. Má segja að seinna atriðið sé ekki síður mikilvægt en það fyrra því það leggur grunninn að mati á stofnkostnaði virkjunar og þar með því orkuverði sem þarf.

Staðalhola á Hellisheiði var skilgreind á þann hátt að gert er ráð fyrir að slík hola sé lóðrétt og skeri öll löggin í reiknilíkaninu. Heildarvinnsla úr slíkri holu er stillt að u.þ.b. 50 kg/s og er þá miðað við upphaflegt þrýstíástand jarðhitakerfisins á Hellisheiði. Í líkaninu var valið að setja nýjar holur í gang á 5 ára fresti, þ.e. árin 2005, 2010, 2015, 2020, 2025 og 2030. Staðsetning þeirra er langs eftir gossprungunum tveimur á Hellisheiði. Allar eru holurnar settar vestan við meintan vegg sem er talinn til staðar austan gossprungnanna. Skýrir hann hví þrýstingur er miklu lægri í holu HE-3 en í holunum vestan veggjarins.

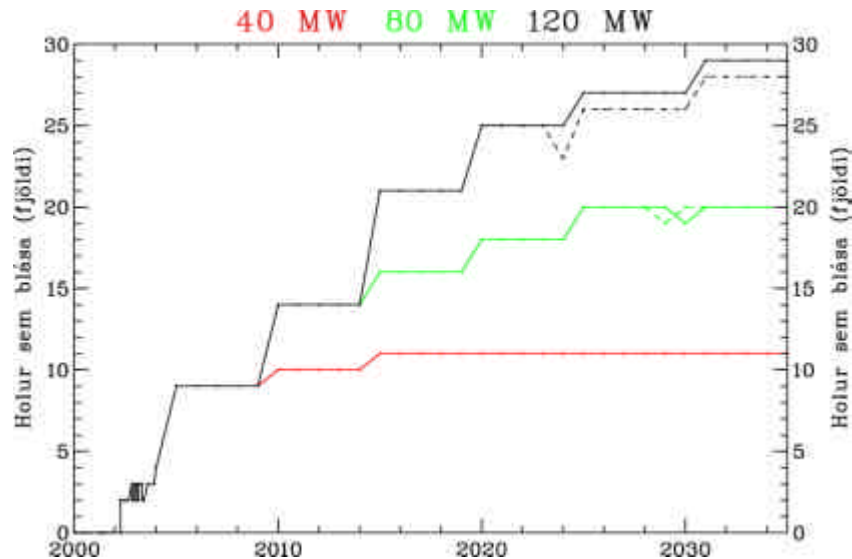
Þá er gert ráð fyrir staðsetningu fjögurra niðurrennslisholna, sunnan við þjóðveg 1 um Hveradali. Ekki skiptir máli hvort holurnar eru uppi á Hellisheiði eða undir hlíðinni vestan við. Aðalatriðið er að hámarka fjarlægðina til Hellisheiðar og koma vatninu nógu djúpt niður í jarðhitageyminn.

#### Heildarvinnsla og holufjöldi á Hellisheiði

Í spá fyrir heildarvinnslu á Hellisheiði vekur athygli að annars vegar verður að bora viðbótarholur á minnst 5 ára fresti til að mæta dölun í holuafköstum, sem er afleiðing hraðs reiknaðs niðurdráttar. Er það rökrétt afleiðing þess að Hellisheiðarjarðhitinn er talinn vera útrennsli öflugs jarðhitakerfis í norðri og að ekki er að vænta þrýstistuðnings úr austri eða suðri. Hins vegar sýnist sem niðurrennsli skiljuvatns auki heildarafköst sama borsvæðis um 20-30% miðað við ekkert niðurrennsli. Þannig er sem dæmi hægt að vinna meiri massa úr 80 MW borsvæðinu með niðurrennsli en úr 120 MW borsvæðinu án niðurniðurrennslis.

Mynd 26 sýnir spá um þann fjölda holna sem þarf til að standa undir mismunandi vinnslu. Staðalholan virðist merkilega nærri því að skila 4-5 MW rafmagns að jafnaði og þarf þá u.þ.b. 11 vinnsluholur til að standa undir 40 MW, 21 fyrir 80 MW og 32 fyrir 120 MW.

Framsetningin í spálíkaninu er sú að ártöl miðast við að upphafsdagur er settur í byrjun ársins 2000 og spáð 30 ár fram í tímann frá þeim degi. Í líkaninu er sýnt eitt dæmi um mögulega uppbyggingu virkjunarinnar. Annað val á tímasetningu hefur óveruleg áhrif á niðurstöður spálíkansins. Það er því ekki hægt að yfirfæra áætlun um holufjölda samkvæmt líkaninu beint á áætlun Orkuveitu Reykjavíkur um holufjölda vegna uppbyggingar virkjunar á Hellisheiði.



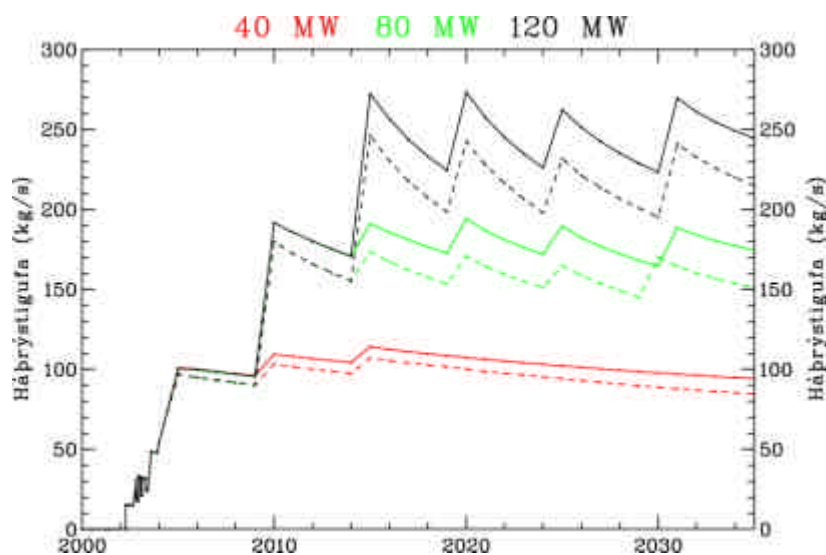
Mynd 26. Aætlaður fjöldi blásandi holna með (heilar línur) eða án (slitnar línur) niðurrennsli.

### Spár um rennsli háþrýstigufu

Mynd 27 sýnir hvernig rennsli háþrýstigufu er talið þróast í framtíðinni. Fyrst ber að nefna að 40 MW virkjunin virðist á þessari stundu ágætlega fýsileg. Þannig er lækun í rennsli hæg með tímanum og u.þ.b. helmingur vinnslunnar kemur úr holum sem búið er að bora og teljast því vel þekktar miðað við óboruðu staðalholuna. Þá sýnir myndin að niðurrennsli skiljuvatns kann að reynast ígildi 10 kg/s viðbótarrennsli af háþrýstigufu og yfir 50 kg/s í heildarrennsli. Bora þarf sína viðbótarholuna hvora árin 2010 og 2015 auk nýborana fram til ársins 2005 þegar 40 MW orkuverið er ræst í líkaninu.

Ef vinnslan er aukin í 80 MW árið 2010, er þörf á talsverðum fjölda viðbótarholna auk þess sem gufurennsli minnkar hratt, aðallega sökum þrýstiniðurdráttar. Niðurrennsli bætir við u.þ.b. 20-30 kg/s rennsli af háþrýstigufu miðað við dæmið án niðurrennsli.

Loks sýnist sem 120 MW stöðin gangi hart að vökvaforðanum á Hellisheiði en ekki endilega sjálfri varmanámunni. Reiknast árlega um 10 kg/s dvínun í gufurennsli. Mikil óvissa er um holufjölda og þar með stofnkostnað. En sem áður sagði sýnist hins vegar sem fundin sé varmanáma til að standa undir svo stóru orkuveri. Er því ástæðulaust annað en að halda þessum möguleika inni sem langtímamarkmiði í rekstri og uppbyggingu virkjunar á Hellisheiði.

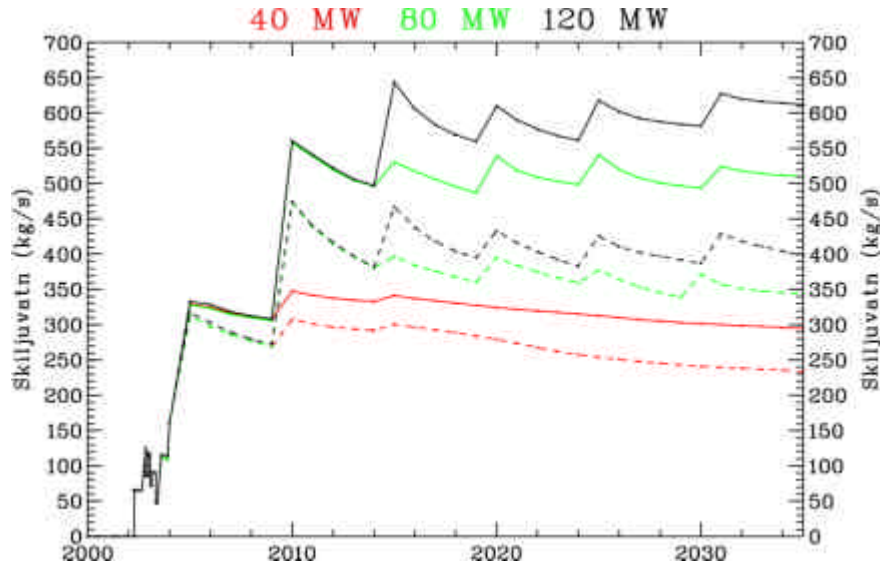


Mynd 27. Rennsli háþrýstigufu við mismikla vinnslu, með (heilar) eða án (slitnar línur) niðurrennsli.



### Spár um rennsli skiljuvatns

Mynd 28 sýnir hvernig spáð er um rennsli skiljuvatns til virkjunar á Hellisheiði í framtíðinni. Hér sést vel að ávinningur niðurrennslis virðist hvað mestur fyrir varmastöð fyrirhugaðrar virkjunar. Þannig kann skiljuvatnsstreymið að aukast um allt að 50% í 120 MW dæminu. Þessi niðurstaða hlýtur að vera mikilvæg fyrir áformaða virkjun. Telst nú líklegra en ólíklegra að skilgreina megi jarðhitakerfið á Hellisheiði sem vænlega varmauppsprettu til áratuga húshitunar á höfuðborgarsvæðinu.



Mynd 28. Rennsli skiljuvatns við mismikla vinnslu, með (heilar) eða án (slitnar línur) niðurrennslis.

### Spár um samgang Nesjavalla og Hellisheiðar

Sú niðurstaða fæst út úr reiknilíkaninu, að Hellisheiðarvinnslan hefur sáralítill áhrif á gufuframleiðslu Nesjavalla. Er helst að áhrifa taki að gæta eftir árið 2025. Kann það að fara heim og saman við að nýju Hellisheiðarholurnar eru settar norðar (og nær Nesjavöllum) eftir því sem líður á vinnslusögu Nesjavalla. Hér er um mjög mikilvæga niðurstöðu að ræða sem hlýtur að vera mikils virði þegar hugsað er til framtíðarmöguleika á Hengilssvæðinu. Svo virðist nefnilega sem uppstreymissvæðið undir Hengli, eins og það er skilgreint í reiknilíkaninu, þoli mikla vinnslu. Jafnframt leiði það illa þrýsting milli Nesjavalla og Hellisheiðar, sökum mikillar rýmdar sem stafar af útbreiddri suðu í jarðhitakerfinu. Svæðin tvö megi því þróa og reka tiltölulega óháð hvort öðru næstu 30 árin.

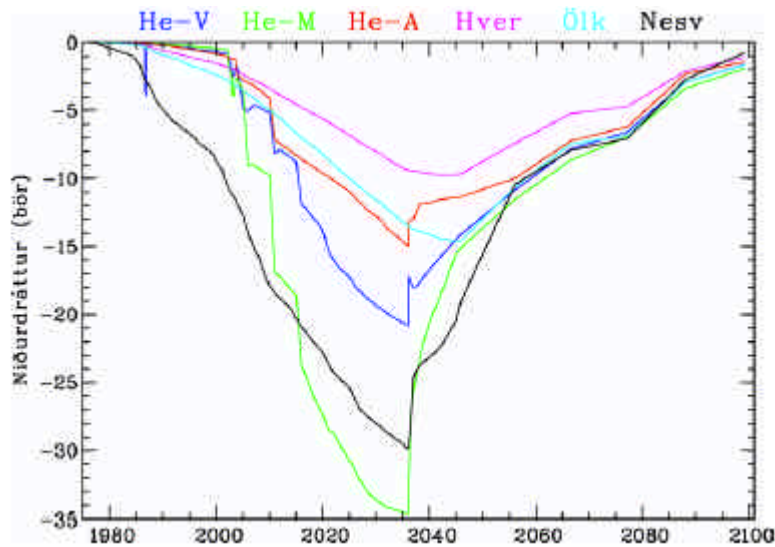
### Sjálfbær vinnsla og endurnýjanleiki jarðhitakerfa

Lítið er svo á að til langs tíma litið eigi að haga rekstri jarðhitavirkjana þannig að vinnsla úr innri hluta jarðhitakerfa sé endurnýjuð sem mest með orku- og massastraumum frá ytri jöðrum kerfanna. Sjálfbær orkuvinnsla virðist hins vegar talsvert huglæg skilgreining. Vinnuhópur Orkustofnunar um sjálfbæra vinnslu og endurnýjanlegar orkulindir telur t.d. að fyrir sérhvert jarðhitasvæði og sérhverja vinnsluáðferð sé til sjálfbært hámarksvinnslustig sem megi viðhalda yfir 200 til 300 ára langt tímabil. Hámarksvinnslustigið er háð tæknistigi og getur vaxið með aukinni þekkingu.

Annað sjónarhorn á sjálfbæra vinnslu felst í að menn velja sér stefnu við upphaf framkvæmda, hér flokkað í hógværa og ágenga vinnslustefnu. Í hógværu vinnslustefnunni skilar jarðhitavirkjun jöfnum afköstum út áætlaðan rekstrartíma. Í tilfelli ágengrar vinnslu verði hins vegar byggð stór virkjun sem gangi vísitandi það hart að jarðhitasvæði að hámarksafköst haldast ekki allan rekstrartímann, heldur verði að slá af framleiðslunni seint á rekstrartíma virkjunarinnar. Þannig megi laga vinnsluna að því endurnýjanlega aðstreymi sem kemur frá jöðrum jarðhitakerfisins. Stóra stöðin geti samt sem áður flokkast sem sjálfbær sökum þess að hún nýtur hagkvæmni stærðarinnar og skilar betri nýtingu á því takmarkaða fjármagni sem hver kynslóð hefur til bygginga og reksturs orkumannvirkja.

Skilgreiningar á sjálfbærni og endurnýjanleika teljast enn á reiki og eru háðar sjónarhorni þess sem skoðar. Þá er vinnslusaga jarðhitavirkjana enn stutt og skortir þekkingu og reynslu til að geta skilgreint heppilegasta nýtingarferlið.

Skoðað var hvort þær breytingar sem verða á jarðhitakerfum í Hengli séu afturkræfar, með því að slökkva á allri vinnslu árið 2036. Gert er ráð fyrir að 120 MW rafmagns hafi verið framleidd á Nesjavöllum í 30 ár og önnur 120 MW á Hellisheiði, samhliða niðurdælingu skiljuvatns þar. Kom þá í ljós að þrýstingur og vökvamassi svæðanna jafnar sig hratt að upphafsástandinu árið 1975. Virðist þurfa að líða u.þ.b. mannsaldur til að þessir eiginleikar svæðanna hafi verið endurheimtir. Að sama skapi flokkast massavinnslan fram til ársins 2036 og stöðvun hennar þá, sem afturkræf á þessum tímaskala. Mynd 29 sýnir þrýstijöfnun í borholum í Hengilslíkani, ef öll vinnsla stöðvast árið 2036. He-V stendur fyrir holu vestan Hellisheiðar (KhG-1), He-M fyrir holu á miðri Hellisheiði, He-A fyrir holu í austurhluta Hellisheiðar, Hver fyrir Hveragerði, Ölk fyrir Ölkelduháls og loks Nesv fyrir Nesjavelli.

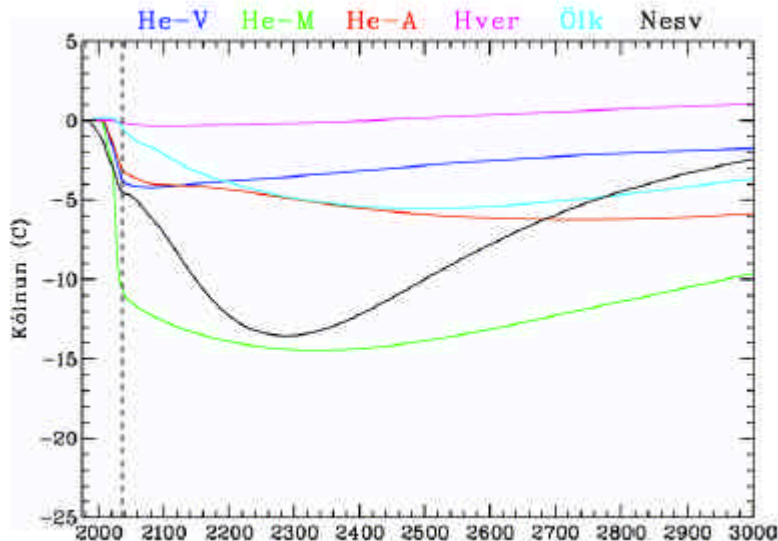


Mynd 29. Þrýstijöfnun holna í Hengilslíkani, ef öll vinnsla stöðvast árið 2036.

Sýnist sem 300-400 ár þurfi að líða frá stöðvun vinnslu og þar til varmaforði reiknilíkansins nái upphafsástandinu árið 1975. Hefur áformaða vinnslan þannig skert varmaforða jarðhitakerfanna í Hengli, eins og þau eru skilgreind í reiknilíkaninu, um 3-4%. Þá bendir skoðun á holuhita til að jafnvel þurfi allt að 1000 ára bið uns hitinn hefur jafnað sig að fullu. Áformuð vinnsla teljist því afturkræf á tímaskalanum 300-1.000 ár en ekki á tímaskalanum einn mannsaldur eins og í tilfelli þrýstings og vökvamassa. Mynd 30 sýnir hitajöfnun holna í Hengilslíkani, ef öll vinnsla stöðvast árið 2036. Mesta kælingin er oftast um og innan við 10 °C meðan jarðhitasvæðin eru 250-320 °C heit.

Þess ber að geta í þessu sambandi að vafaatriði í ástandi orkuforðans í Hengli næstu árin eru túlkuð jarðhitavinnslunni í óhag. Til að mynda er ekki gert ráð fyrir varmainnspýtingu vegna eldvirkni, lektarbreytinga vegna jarðhníks eða að djúpt og heitt aðstreymi til jarðhitakerfanna vaxi með auknum þrýstiniðdrætti. Fylgi úttektin þannig þeirri reglu umhverfisvísinda að vafaatriði beri að túlka náttúrunni og/eða komandi kynslóðum í hag.





Mynd 30. Hitajöfnun holna í Hengilslíkani, ef öll vinnsla stöðvast árið 2036.

Þó svo að jarðhitakerfunum í Hengli sé spáð talsverðum breytingum í innra ástandi árið 2036 frá því sem var 1975, er talið að áformaðar virkjanir geti verið afskrifaðar og í fullum rekstri á þeim tímamarki. Sú kynslóð sem þá tekur við rekstrinum komi því fjárhagslega og rekstrarlega að góðu búi. Þar með megi líta svo á að til skamms tíma lítið sé orkuvinnslan sjálfbær og takmarki ekki möguleika næstu kynslóðar.

Vinnslan sem nú er áformuð verði hins vegar að teljast ágeng, sökum þess að massastreymi frá jöðrum til miðju jarðhitakerfanna verður um helmingur þess sem tapast nettó upp um borholur. Jaðrar jarðhitakerfanna ná því ekki að endurnýja það sem upp er tekið. Jafnframt megi búast við að draga þurfi úr afköstum virkjananna í framtíðinni og vinnslan verði þannig færð að endurnýjanlegum eiginleikum jarðhitakerfanna. Allar líkur eru á að rafmagnsvélar virkjananna muni fyrstar finna fyrir þeim samdrætti meðan varmaframleiðslan eigi sér enn mjög langa framtíð.

Talið er að reynslan af 25 ára rekstri orkuvera í Svartsengi og Kröflu auk 15 ára á Nesjavöllum, hafi verið farsæl og skilað bættum lífskjörum og þekkingu í landinu. Núlifandi kynslóð býr þannig að betri tækni og forsendum til byggingar nýrra jarðhitavirkjana en kynslóðin sem tók ákvarðanir um smíð ofangreindra virkjana upp úr árinu 1975. Þennan 15-25 ára rekstur má því skilgreina sem sjálfbæran. Allar líkur séu á að áformuð stækkun Nesjavallvirkjunar og virkjun á Hellisheiði verði það einnig, verði þess gætt að reynslan og þekkingin af rekstri þeirra skili sér út til samfélagsins og næstu kynslóða. Eykst þannig færni komandi kynslóða til að haga jarðhitavinnslu þannig að hún teljist hvoru tveggja, sjálfbær og afturkræf.

### Samantekt varðandi vinnslu jarðhita á Hellisheiði

Helstu niðurstöður sem aflað hefur verið við gerð reiknilíkans af Hengilssvæðinu eru þessar:

- 1) Talið er að virkasti hluti jarðhitans á Hellisheiði tengist dalfyllu sprungustykkis Hengils. Dalfyllan samanstendur af tiltölulega ungum gosmyndunum, móbergi, túffi og basaltlögum. Heiti hluti þessarar myndunar er 600-800 m þykkur. Hiti er víðast á bilinu 250-280 °C og flatarmálið 5-10 km<sup>2</sup>. Besta lekt í borholum finnst einnig á þessu bili. Hellisheiðin sýnist mikils vís í orkuforða, en talsverð óvissa er í mati á þeim holufjölda sem þarf til að standa undir ígildi 40, 80 eða 120 MW virkjunar í framtíðinni. Orkuforðinn hefur verið staðfestur með rannsóknaborunum. Val Orkuveitu Reykjavíkur á Hellisheiði sem framtíðarvirkjunarsvæði sýnist rétt og eðlilegt.
- 2) Þrýstingur er talinn hærri til fjalla en við ströndina. Verður það til þess að vökvi sækir almennt frá hærra landi, norðan Nesjavalla og til suðurs. Hins vegar virðist einnig sem vökvi sækir úr suðri, inn

undir Hellisheiði og að uppstreymisrás Hengilsins. Þar verður hitnun, vökvinn rís upp og kemur til baka undan Skarðsmýrarfjalli, talsvert heitari en djúpt undir heiðinni.

- 3) Þrýstilægð virðist á miðri Hellisheiði, milli Hveragerðis og borsvæðisins sunnan Skarðsmýrarfjalls. Sett er fram tilgáta um að sprunga, sem hefur verið mjög virk í skjálftahrinunni í Hengli milli 1994 og 2000, safni vökva og veiti suður til láglendisins í Ölfusi. Sprungan hefur fengið nafnið Bitrusprungan. Erfiðara er að segja fyrir um áhrif vinnslunnar austan sprungunnar sökum þess að ekki er gert ráð fyrir hita- og massauppstreymi norðan Hveragerðis í líkaninu. Þó virðist ljóst að þrýstitruflun frá virkjuninni á Hellisheiði verður mjög lítil og hægfara í Hveragerði og á Ölkelduhálsi. Litlar þrýstingsbreytingar í borholu á Kolviðarhóli, allt frá árinu 1986 leiða til þess að spáð er óverulegum þrýstisamgangi milli virkjanasvæðanna á Hellisheiði og á Nesjavöllum. Hlýtur það að teljast mikilvæg niðurstaða fyrir framtíðarreitur þessara svæða.
- 4) Almennt séð er gott samræmi mældra og reiknaðra stærða innan sprungustykkis Hengilsins meðan samræmi er slakt austan Bitrusprungunnar. Það að í líkaninu er ekki gert ráð fyrir öðru uppstreymissvæði jarðhitavökva norðan Hveragerðis er talið valda því.
- 5) Talið er að líkanið hermi mjög vel jarðhitann á Nesjavöllum, en meiri óvissa er um stöðugleika líkankvörðunar á Hellisheiði.
- 6) Sett hefur verið upp framtíðarvinnslutilfelli í reiknilíkaninu þar sem virkjun á Hellisheiði verður af stærðinni 40 til 120 MW í rafafli. Byggt á líkanreikningum þarf samtals kringum 11 vinnsluholur til að reka 40 MW rafstöð næstu 30 árin, 21 fyrir 80MW stöð og 32 fyrir 120 MW stöð. Mikil óvissa er samt í holufjöldanum, einkum fyrir það að enn hafa fáar holur verið boraðar og því ekki enn kominn sá tölfræðilegi grunnur sem þarf til að giska sæmilega rétt á afköst og æðadýpi meðalholu á Hellisheiði.
- 7) Skoðað var hver yrðu áhrif niðurrennsli alls skiljuvatns sunnan Hveradala, miðað við að á Hellisheiði blésu áfram jafnmargar holur og í spám án niðurrennsli. Virðist talsverður ávinningur af niðurrennslinu, eða á bilinu 20-50% afkastaaukning eftir viðmiði. Er ástæðan sú að öfugt við Nesjavelli, er þrýstistuðningur við Hellisheiðarjarðhitann mjög takmarkaður. Því er spáð talsverðum niðurdrætti með tímanum ef ekki er gripið til niðurrennsli. Varmafórðinn er hins vegar mikill sem gerir það að verkum að niðurrennsli sýnist fýsilegt einkum í síðari áföngum.
- 8) Reiknilíkanið er talið nægjanlega öruggt til að spá fyrir um að lítil fjárhagsleg áhætta fylgi því að reisa 40 MW rafstöð og 133 MW varmastöð á Hellisheiði. Fjárhagslega áhættan eykst hins vegar hratt ef virkja á í enn stærri áföngum. Mögulegt er að minnka áhættuna með því að láta holur blása á Hellisheiði í nokkur ár og virkja í áföngum.
- 9) Talið er að jarðhitavinnsla í virkjun á Hellisheiði verði sjálfbær til skamms tíma lítið og takmarki ekki möguleika næstu kynslóðar. Þrýstingur og vökvamassi svæðanna jafnar sig hratt að upphafsástandinu og virðist þurfa að líða u.þ.b. mannsaldur til að þessir eiginleikar nái upphafsástandinu. Einnig flokkast massavinnslan sem afturkræf á þessum tímaskala. Áætlað er að reiknuð vinnsla skerði varmaforðann 3-4% eða innan við 10 °C. Sýnist sem 300-400 ár þurfi að líða frá stöðvun vinnslu og þar til varmaforði reiknilíkansins nái upphafsástandinu. Þá bendir skoðun á holuhita til að jafnvel þurfi allt að 1000 ára bið uns hitinn hefur jafnað sig að fullu. Áformuð vinnsla á Hellisheiði teljist því afturkræf.

### 5.2.3 Mótvegisaðgerðir

Á síðari stigum er áformað niðurrennsli í jarðhitageyminn, sjá nánari umfjöllun í kafla 5.3.2.

### 5.2.4 Niðurstöður

Hellisheiðin sýnist mikils vís í orkuforða, en talsverð óvissa er í mati á þeim holufjölda sem þarf til að standa undir ígildi 40, 80 eða 120 MW virkjunar í framtíðinni. Orkuforðinn hefur verið staðfestur með rannsóknaborunum.



Svo virðist að þrýstitrúflun frá virkjuninni á Hellisheiði verði mjög lítil og hægfara í Hveragerði og á Ölkelduhálsi. Litlar þrýstingsbreytingar í borholu á Kolviðarhóli, allt frá árinu 1986 leiða til þess að spáð er óverulegum þrýstisamgangi milli virkjanasvæðanna á Hellisheiði og á Nesjavöllum.

Skóðað var hver yrðu áhrif niðurrennslis alls skiljuvatns sunnan Hveradala, miðað við að á Hellisheiði blésu áfram jafnmargar holur og í spám án niðurrennslis. Virðist talsverður ávinningur af niðurrennslinu, eða á bilinu 20-50% afkastaaugning eftir viðmiði. Því er spáð talsverðum niðurdrætti með tímanum ef ekki er gripið til niðurrennslis. Varmaforðinn er hins vegar mikill sem gerir það að verkum að niðurrennsli sýnist fýsilegt einkum í síðari áföngum.

Reiknilíkanið er talið nægjanlega öruggt til að spá fyrir um að lítil fjárhagsleg áhætta fylgi því að reisa 40 MW rafstöð á Hellisheiði. Fjárhagslega áhættan eykst hins vegar hratt ef virkja á í enn stærri áföngum. Mögulegt er að minnka áhættuna með því að láta holur blása á Hellisheiði í nokkur ár og virkja í áföngum.

Talið er að jarðhitavinnsla í virkjun á Hellisheiði verði sjálfbær til skamms tíma lítið og takmarki ekki möguleika næstu kynslóðar. Þrýstingur og vökvamassi svæðanna jafnar sig hratt að upphafsástandinu og virðist þurfa að líða u.þ.b. mannsaldur til að þessir eiginleikar nái upphafsástandinu. Einnig flokkast massavinnslan sem afturkræf á þessum tímaskala. Áætlað er að reiknuð vinnsla skerði varmaforðann 3-4% eða innan við 10 °C. Sýnist sem 300-400 ár þurfi að líða frá stöðvun vinnslu og þar til varmaforði reiknilíkansins nái upphafsástandinu. Þá bendir skoðun á holuhita til að jafnvel þurfi allt að 1000 ára bið uns hitinn hefur jafnað sig að fullu. Áformuð vinnsla á Hellisheiði teljist því afturkræf.

## 5.3 Vatnafar

### 5.3.1 Áhrif framkvæmdar

Áhrif kosta I og II eru sambærileg hvað varðar vatnafar.

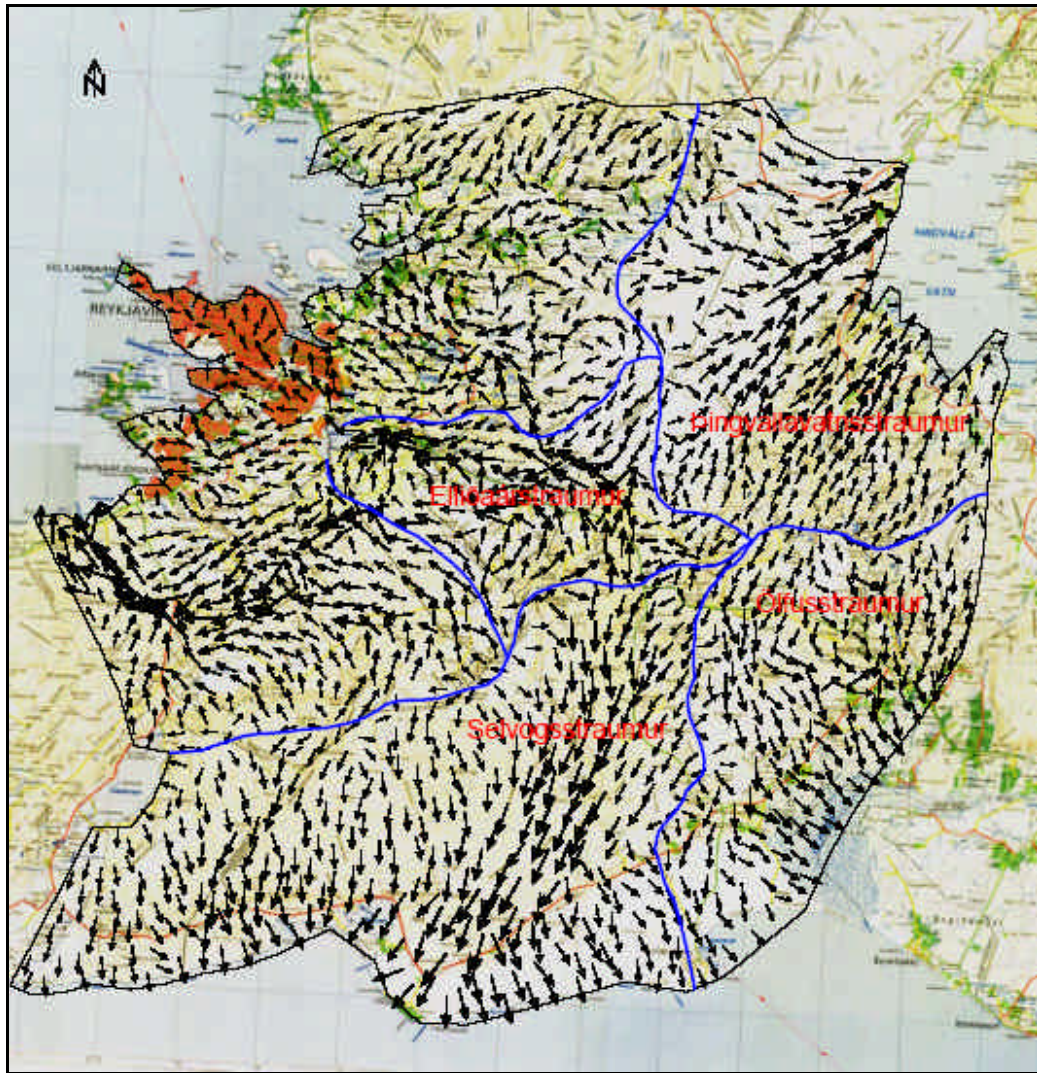
#### Áhrif vatnsöflunar

Til framleiðslu á heitu vatni er vatnspörf áætluð um 1.700 l/s fyrir 400 MW varmastöð. Auk þess þarf vatn til ýmissa annarra þarfa í virkjuninni t.d. til borvatnsveitu. Við fullbyggða virkjun er því talið að heildarvatnspörfin geti numið allt að 2.000 l/s.

Mynd 31 sýnir grunnvatnsstrauma á rannsóknarsvæðinu. Reiknilíkan fyrir grunnvatnskerfið á svæðinu gefur til kynna, að „grunnvatnshásléttan“ á mörkum Þingvallavatns-, Elliðaár- og Selvogsstraumsins sé vænleg til vatnsöflunar og var það staðfest með borun og dæluþrófun tveggja holna við Engidalskvísl, um 1 km vestan við Húsmúla í vestanverðum Hengli, á vatnaskilum Þingvallastraumsins og Selvogsstraumsins. Holurnar eru 153 og 203 m djúpar og nær sú dýpri niður í opið og mjög vatnsgæft bólstraberg. Úr holunum var dælt um 100 l/s og var niðurdráttur afar lítill. Niðurstöður benda til að þarna megi hæglega afla þeirra 2.000 l/s sem leitað var eftir. Efnagreiningar sýna að vatnið er gott neysluvatn.

#### Áhrif losunar skiljuvatns og þéttivatns

Eftirfarandi umfjöllun byggir að mestu á greinargerð Gests Gíslasonar (2003) um áhrif niðurrennslis jarðhitavatns á grunnvatn og grunnvatnslíkan af Hellisheiði. Prófanir á háhitaholum á Hellisheiði og nágrenni hafa verið í gangi síðan í apríl 2002. Áætlað magn niðurrennslis í frá fullbyggðri virkjun er um 750 l/s af skiljuvatni og 150 l/s af þéttivatni. Samkvæmt jarðhitalíkaninu er ekki að vænta aukningar á streymi skiljuvatns á spátímanum. Áætlað er allt að 220 l/s af þéttivatni muni berast frá eimsvölum fullbyggðrar virkjunar. Eftir að fyllt hefur verið á kæliturninn í upphafi þarf að bæta við kælivatnið í rekstri um 100 l/s vegna uppgufunar. Hluti þéttivatns frá eimsvölum verður nýttur til þess.



Mynd 31. Grunnvatnsstraumar á rannsóknarsvæðinu (Vatnaskil, 2003).

Greining á efnasamsetningu skiljuvatns og þéttivatns liggur fyrir. Samanburður við leyfilegan hámarksstyrk í neysluvatni, samkvæmt reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatns, sýnir að engin efni í þéttivatni eru yfir leyfilegum hámarksstyrk, en styrkur þriggja efna í skiljuvatni liggur yfir mörkunum. Af aðalefnum er það ál (Al) sem er yfir mörkunum, en styrkur þess í skiljuvatninu er um 1,6 mg/l, en hámarksgildi samkvæmt neysluvatnsstöðlum er 0,2 mg/l (Tafla 9). Af snefilefnum eru það arsen (As) og bór (B) sem eru yfir leyfilegum hámarksstyrk fyrir neysluvatn (Tafla 10). Styrkur arsens er um 90 µg/l, en mörk fyrir neysluvatn eru 10 µg/l. Styrkur bórs er um 1.050 µg/l, en mörk fyrir neysluvatn eru 1.000 µg/l.



Tafla 9. Styrkur aðalefna í skiljuvatni.

Efni	Meðalstyrkur mg/l	Neysluvatnsmörk mg/l
Kísill, SiO <sub>2</sub>	570	Engin
Natríum, Na <sup>+</sup>	184	200
Kalíum, K <sup>+</sup>	27	Engin
Kalsíum, Ca <sup>+2</sup>	0,75	Engin
Magnesium, Mg <sup>+2</sup>	0,004	Engin
Súlfat, SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	158	250
Klóríð, Cl <sup>-</sup>	203	250
Flúoríð, F <sup>-</sup>	1,2	1,5
Ál, Al	1,6	0,2
Járn, Fe	0,02	0,2
Karbónat, CO <sub>2</sub>	79	Engin
Sýrustig, pH	9,1	6,5-9,5

Í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns eru tilgreind umhverfismörk fyrir nokkur snefilefni í yfirborðsvatni til verndar lífríki. Ef styrkur efna er í I. flokki er mjög lítil eða engin hættu á áhrifum, í II. flokki lítil hættu á áhrifum, í III. flokki áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki, í IV. flokki áhrifa að vænta og í V. flokki ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/pynningarsvæði. Samkvæmt reglugerð nr. 800/1999 um losunarmörk, umhverfismörk og gæðamarkmið fyrir losun á kvikasilfri í yfirborðsvatni er miðað við styrkur kvikasilfurs megi ekki fara yfir 1 µg/l í yfirborðsvatni.

Tafla 10. Styrkur snefilefna í skiljuvatni.

Efni	Meðalstyrkur µg/l	Neysluvatnsmörk µg/l	Umhverfismörk í yfirborðsvatni
Arsen, As	90	10	V. flokkur
Bór, B	1.039	1.000	Ekki ákvörðuð
Baríum, Ba	0,78	Engin	Ekki ákvörðuð
Kadmín, Cd	0,17	5,0	III. flokkur
Króm, Cr	0,08	50	I. flokkur
Kopar, Cu	2,06	2.000	II. flokkur
Kvikasilfur, Hg	0,02	1	< 1 µg/l
Nikkel, Ni	0,30	20	I. flokkur
Fosfór, P	4,15	Engin	I. flokkur
Blý, Pb	3,54	10	IV. flokkur
Sínk, Zn	9,67	Engin	II. flokkur

Af snefilefnum í skiljuvatni mælast fosfór, króm og nikkell með styrk sem telst til I. flokks þ.e. lítilla eða engra áhrifa að vænta. Styrkur síns og kopars fellur í II. flokk, lítil hættu á áhrifum. Styrkur kadmíns mælist í III. flokki eða hættu á áhrifum á viðkvæmt lífríki. Styrkur blýs telst til IV. flokks áhrifa að vænta. Styrkur arsens mælist á bilinu 29 – 122 µg/l, en veginn meðalstyrkur arsens í frárennsli frá holunum er 90 µg/l. Styrkur arsens fellur í V. flokk, ávallt ófullnægjandi ástand vatns fyrir lífríki.

Af framangreindu er ljóst að losun skiljuvatns á yfirborð er ekki viðunandi og því leitað leiða til að losa skiljuvatn í dýpri grunnvatnslög, þar sem þynning við grunnvatn er mikil og hröð, og vel neðan við það dýpi þar sem neysluvatns er aflað með borunum að öllu jöfnu. Um slíka losun er fjallað í grein 12 í reglugerð nr. 796/1999, en þar segir að „í starfsleyfi skal setja losunarmörk um leyfilegan hámarksstyrk mengandi efna í fráveituvatni og/eða leyfilegt hámarks magn yfir tilgreind tímabil eða á framleiðslueiningu.“ Í viðauka er arsen meðal þeirra efna sem falla undir 12. grein.

### 5.3.2 Mótvægisáðgerðir

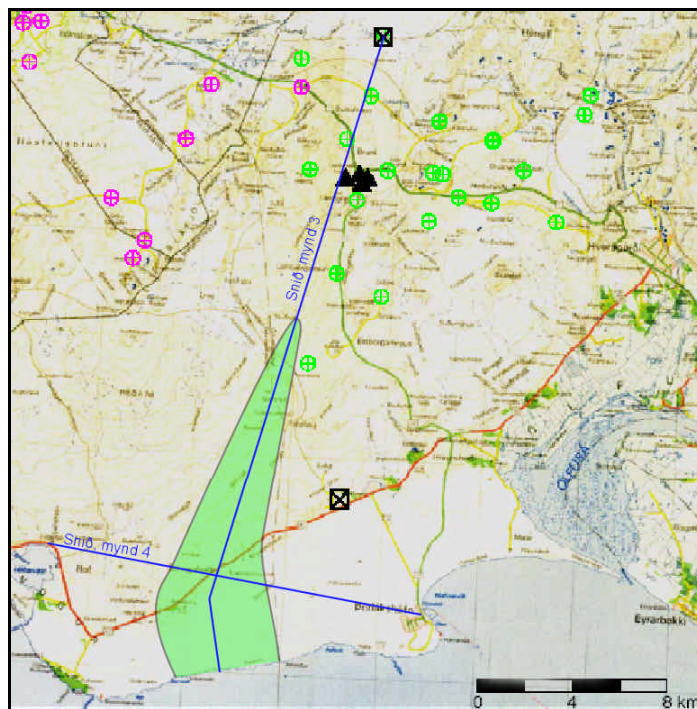
#### Vatnsverndarsvæði

Ekki er talið að grípa þurfi til annarra mótvægisáðgerða vegna vatnstöku, en að afmarka vatnsverndarsvæði umhverfis fyrirhugað vatnsból við Engidalskvísl. Fjallað er um skilgreiningar og og áhrif afmörkunar vatnsverndarsvæða í kafla 5.8 um skipulag og landnotkun.

#### Niðurrennsli djúpt í grunnvatn

Í reiknilíkaninu voru kannaðir nokkrir valkostir og reyndist sá valkostur sem kynntur er hér að framan gefa hraðasta og skilvirkasta blöndun skiljuvatns við grunnvatn. Einnig var prófað að losa skiljuvatnið á tiltölulega þröngu svæði og einnig að reikna með losun í borholur sem lægju dreifðar um svæðið, en þó í sama grunnvatnsstraum. Ekki var teljandi munur á þessum valkostum. Nánari umfjöllun um aðra möguleika á losun affallsvatns er í kafla 7.

Vegna styrks nokkurra efna er talið óæskilegt að losa skiljuvatn á yfirborði vegna hugsanlegra áhrifa á vatnsból og lífríki. Því var leitað eftir heppilegum stað til að losa skiljuvatn í grunnvatnið þannig að áhrifa þess gætti ekki á vatnsverndarsvæðum, svo sem í vatnsbóli Þorlákshafnar og væntanlegar virkjunar á Hellisheiði. Samkvæmt reiknilíkaninu virðist heppilegast að losa skiljuvatnið í Selvogstrauminn, nærri Þrengslaveginum austan við Lambafellshnúk. Mest þynning næst með því að losa vatnið í grunnvatnið á 400 m dýpi, um 150 m neðan sjávarmáls.



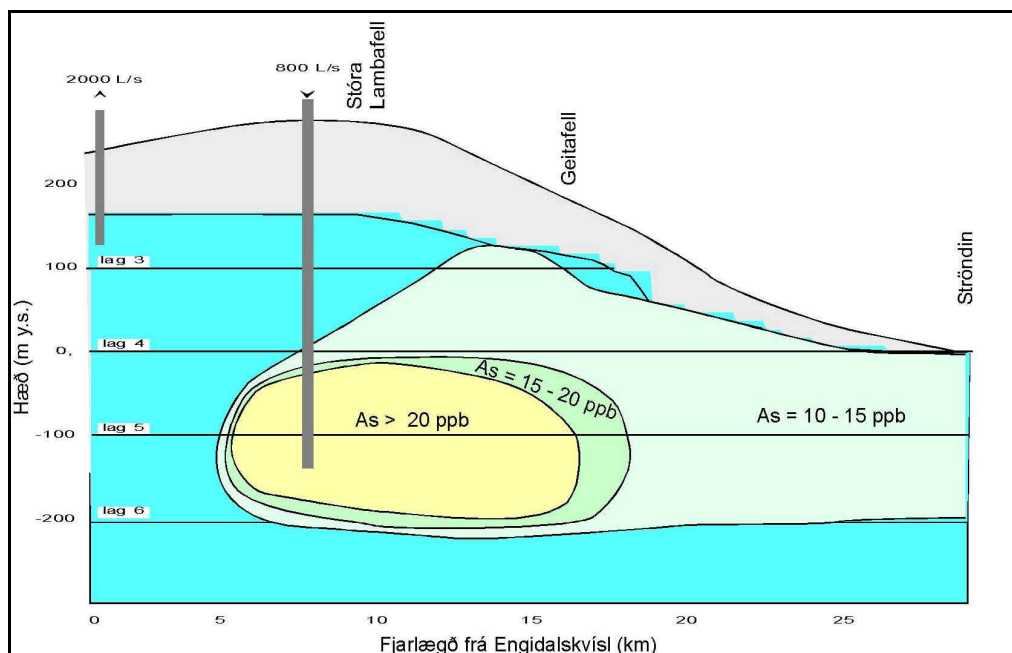
Mynd 32. Dæling, losun og dreifing efna. N-S- og A-V-snið eiga við myndir 33 og 34.

Neysluvatnsstaðlar segja að styrkur arsens skuli vera lægri en 10 µg/l og samkvæmt umhverfisstöðlum eru mörkin fyrir viðkvæm lífríki á bilinu 5-15 µg/l. Ef skiljuvatnið blandast grunnvatni þannig að skiljuvatnið er 10% af blöndunni þá er styrkur arsen komið niður fyrir leyfileg efri mörk, og slíkt vatn uppfyllir drykkjarvatnsstaðla.



Í reiknilíkaninu var hermt eftir 800 l/s niðurrennsli á 400 m dýpi nærri námunum í Lambafelli ásamt 2.000 l/s dælingu við Engjadalskvísl og 200 l/s dælingu úr hugsanlegu nýju vatnsbóli nærri Þorlákshöfn (mynd 33). Skiljuvatnið blandast í grunnvatnið á leið þess til sjávar vestanvert við Þrengslaveginn. Á myndinni merkja táknið eftirfarandi: Hringir: mælingaholur; ferningar: dæluholur; þríhyrningar: niðurrennsli; grænn flötur: arsenstyrkur 10-15  $\mu\text{g/l}$  í efstu 100 m.

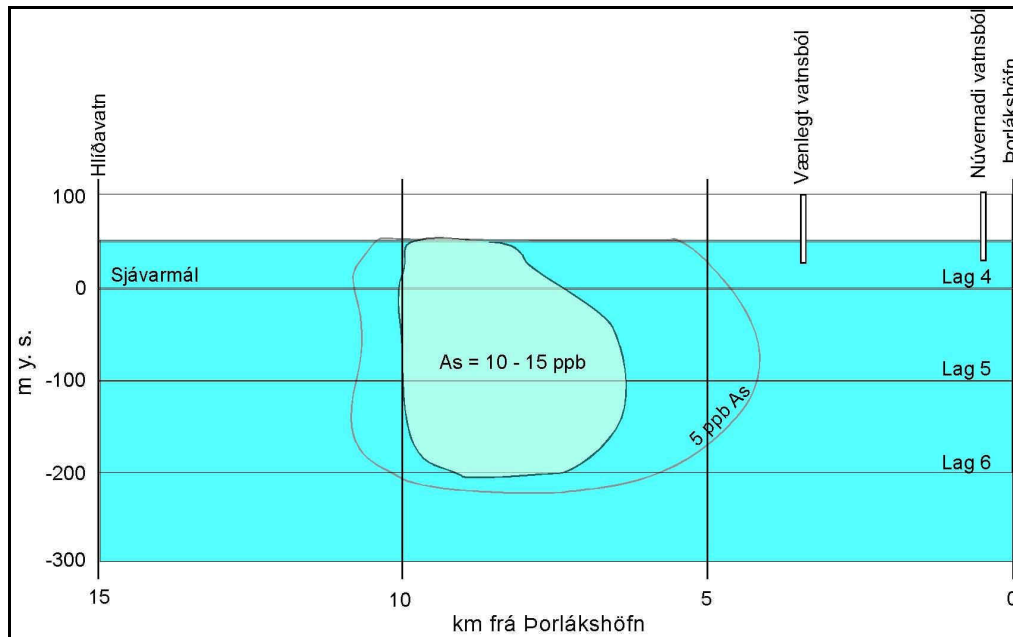
Reiknilíkanið gerir ráð fyrir láréttum lögum, hvert um 100 m þykkt. Þá gerir líkanið ráð fyrir að ekkert rennandi grunnvatn fari neðar en 200 m undir sjávarmál. Skiljuvatnið er losað efst í lag 6 á um 400 m dýpi frá holutoppi og um 150 m neðan sjávarmáls. Mest af skiljuvatninu rennur fram í lögum 5 og 6 og blandast fljótlega við grunnvatnið í þeim mæli að öll efni nema arsen eru undir leyfilegu hámarki. Um 10 km frá suðurströndinni er arsenstyrkur þó hvergi hærri en 15  $\mu\text{g/kg}$ , og styrkurinn í efstu 100 m grunnvatns reiknast mest rétt um eða yfir leyfilegan hámarksstyrk í neysluvatni (mynd 32). Mynd 33 sýnir þversnið frá dæluholunni við Engjadalskvísl, um Þrengslin og til sjávar milli Selvogs og Þorlákshafnar.



Mynd 33. Langsnið í gegnum vænleg svæði til vatnsöflunar og losunar (sjá mynd 32).

Samkvæmt reiknilíkaninu blandast skiljuvatnið á tiltölulega þröngu svæði og aldrei koma fram nein áhrif frá skiljuvatninu við vænlegan vatnstökustað vestan núverandi vatnsbóls Þorlákshafnar (mynd 34). Myndin sýnir einnig hvernig reiknilíkanið spáir að vatnið ferðist á tiltölulega afmörkuðu svæði til sjávar, og í reynd er óvíst hvort það verði nokkurn tíman greinanlegt þar.

Myndir 32, 33 og 34 sýna reiknað ástand eftir stöðuga dælingu og niðurrennsli í 30 ár. Allnokkurn tíma tekur að ná jafnvægisástandi og þeim mun lengri eftir því sem fjær dregur losunarstaðnum. Það tekur til dæmis 25 ár að ná endanlegum hámarksstyrk við suðurströndina (10 – 12  $\mu\text{g/kg}$ ). Þær forsendur sem líkanreikningarnir byggja á valda því að skiljuvatnið virðist renna í frekar þröngri rás til suð-suð-vesturs frá losunarstaðnum, víðast hvar ekki nema 3km á breidd (mynd 34). Ef þessi straumur er breiðari í reynd þá blandast skiljuvatnið í margfalt meira rúmmál af grunnvatni og þá hverfa áhrifin af niðurrennsli mun fyrr en hér er sýnt. Í reikningunum er eingöngu gert ráð fyrir blöndun en ekki reiknað með efnahvörfum við berg eða útfellingum, en það hjálpar enn frekar til að milda áhrif niðurrennslisins.



Mynd 34. Þversnið í gegnum grunnvatnsstrauminn (sjá skýringar á myndum 32 og 33).

### Eftirlit

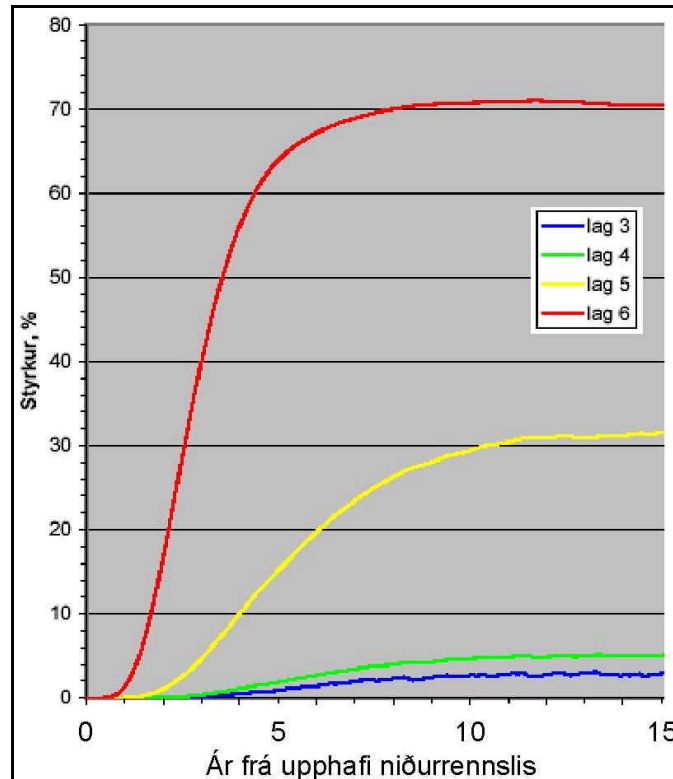
Líkanreikningarnir byggja á bestu fáanlegu upplýsingum sem fyrir liggja, og stöðugt er verið að safna nýjum upplýsingum og fínstilla þannig líkanið. Sérstaklega var unnið að því að þétta og auka mælingar inni á áhrifasvæði fyrirhugaðra virkjanaframkvæmda. Vatnsborð er mælt á u.þ.b. mánaðar fresti í öllum borholum, og innan skamms verður búið að koma á fót símælingum í völdum borholum á svæðinu. Þá eru þrjár sjálfvirkar veðurathugunarstöðvar reknar á svæðinu. Lagt er til að ef niðurrennslisholur verða boraðar við austanvert Lambafellið verði jafnframt boruð eftirlitshola inn í miðjum straumnum frá losunarstaðnum. Hentugur staður fyrir slíka holu gæti verið milli hrauns og hlíðar sunnan við Lambafell, sem er um 1,5 km frá fyrirhuguðum losunarstað við Lambafellshnúk. Eftirlitshola þyrfti að vera viðlíka djúp og losunarholan, og yrði notuð til þess að taka sýni af grunnvatni af mismunandi dýpi. Með efnagreiningum á vatninu er hægt að bera saman raunverulega blöndun og rennslishraða við líkanreikningana, og staðla þannig líkanið og leiðrétt það ef með þarf. Á mynd 35 er sýnt hvernig líkanið spáir fyrir um styrk skiljuvatns í eftirlitsholunni með tíma. Reiknað er með að við Lambafellshnúk verði losað fyrstu árin í rekstri virkjunar um 400 l/s af skiljuvatni. Reikningarnir benda til að skiljuvatn taki að berast í mælanlegum styrk í eftirlitsholuna eftir 1,5 ár dýpst í holuna (lag 6), en seinna í efri grunnvatnslög. Það tekur því innan við 18 mánuði eftir að niðurrennsli hefst að staðreyna líkanreikningana og grípa til viðeigandi ráðstafana ef hegðun grunnvatns vikuverulega frá því sem spáð er. Það má minna á að það líða áratugir þar til endanlegum hámarksstyrk er náð við Suðurströndina. Ef áhrifin reynast önnur en búist er við verður að bora fleiri grunnvatnsholur og rannsaka grunnvatnskerfið nánar. Mögulegt er að draga úr hugsanlegum áhrifum með því að flytja losunina á annan stað eða losa skiljuvatnið á fleiri stöðum. Einnig er mögulegt að losa skiljuvatnið enn dýpra en fyrirhugað er. Eftir því sem þekking á hegðun grunnvatnsins eykst, þá verða allar spár um frekari áhrif öruggari.

### Tímabundin losun á yfirborði

Á rekstartíma er hugsanlegt að truflun geti orðið á niðurrennsliðsmannvirkjum, s.s. lögnum og/eða borholum, og þá þarf að vera til staðar tímabundin neyðarlosun á skiljuvatni. Er þá ætlunin að losa skiljuvatnið um svelgholur framanundir stöðvarhúsinu, í hraunið norðaustan við Litla Reykjafell. Til þess að kanna hvaða áhrif slík losun hefur á grunnvatnskerfið, þá var reiknað í líkaninu að losa 400 l/s af skiljuvatni um þriggja mánaða skeið, en að því loknu að halda áfram losun við Lambafell. Þrjú mánuðir er talinn hæfilegur tími til að koma niðurrennsliðsveitunni í lag aftur. Gert er ráð fyrir að svelgholurnar dugi til að koma í veg fyrir að lón myndist í hrauninu, en holurnar eru ekki dýpri en svo að



skiljuvatnið blandast í efsta grunnvatnslag (lag 3). Niðurstöður reiknilíkansins benda til að þessi losun hafi engin áhrif á grunnvatnskerfið. Skiljuvatnið blandast í mikið rúmmál af köldu grunnvatni, þannig að styrkur arsen er aldrei yfir leyfilegu hámarki í drykkjarvatni nema í allra næsta nágrenni við svelgholurnar þ.e. innan við 200 m fjarlægð.



Mynd 35. Reiknaður hlutur skiljuvatns í eftirlitsholu við Lambafell.

### Niðurrennsli í jarðhitageyminn

Ekki er talið ráðlegt að svo stöddu að leggja til niðurrennsli í jarðhitageyminn. Ástæðurnar eru eftirfarandi:

- Hugsanleg kæling jarðhitageymisins af kaldara niðurrennslisvatni
- Hugsanlegar útfellingar og stíflur í niðurrennslisholum
- Óvissu um útbreiðslu og hegðun jarðhitakerfisins á svæðinu
- Ekki er hægt að gera ferilprófanir fyrir en rekstur gufuveitu er hafinn

Reynsla af niðurrennsli erlendis sýnir að færa hefur þurft niðurrennsliðsvæði fleiri kílómetra frá virkjunarsvæðum eftir nokkurra ára rekstur vegna neikvæðra áhrifa á jarðhitakerfið.

Gert er ráð fyrir að áhrif niðurrennsli á jarðhitakerfið á Hellisheiði verði könnuð. Miðað við fyrirliggjandi líkan af jarðhitasvæðinu er líklegt að niðurrennsli í jarðhitageyminn geti orðið á fyrirhuguðu niðurrennsliðsvæði við Lambafellshnúk.

Á fyrstu árum í rekstri virkjunar er jarðhitavatn eingöngu hluti áætlaðs niðurrennsli fullbyggðrar virkjunar. Þynning er því mun meiri en niðurstöður hér að framan gefa til kynna. Lagt er til að jafnframt því sem álag á jarðhitasvæðið er aukið verði könnuð og þróuð aðferð til að losa skiljuvatn í jarðhitageyminn. Með því móti er hægt að komast hjá kostnaðarsömum framkvæmdum sem gætu reynst lítt ígrundaðar.

### 5.3.3 Niðurstöður

Nægilegt og gott vatn virðist fánlegt fyrir framleiðslu á heitu vatni úr borholum við Engidalskvísl, vestan Húsmúla. Afmarka þarf vatnsverndarsvæði umhverfis vatnsbólið.

Samanburður við leyfilegan hámarksstyrk í neysluvatni sýnir að engin efni í þéttivatni eru yfir leyfilegum hámarksstyrk, en styrkur þriggja efna í skiljuvatni liggur yfir mörkum fyrir neysluvatn og styrkur arsens er það hár að hann telst ávallt ófullnægjandi ástand fyrir lífríki/þynningarsvæði.

Vegna styrks þessara efna er talið óæskilegt að losa skiljuvatn á yfirborði vegna hugsanlegra áhrifa á vatnsból og lífríki. Því var leitað eftir heppilegum stað til að losa skiljuvatn neðarlega í grunnvatnið þannig að áhrifa þess gætti ekki í vatnsbóli Þorlákshafnar og væntanlegrar virkjunar á Hellisheiði né á öðrum vatnsverndarvæðum. Samkvæmt reiknilíkaninu virðist heppilegast að losa skiljuvatnið í Selvogsstrauminn, nærri Þrengslaveginum austan Lambafellshnúks. Mest þynning næst með því að losa vatnið í grunnvatnið á 400 m dýpi, um 150 m neðan sjávarmáls. Ef skiljuvatninu er þannig veitt niður á um 400 m dýpi frá holutoppi, rennur mest af skiljuvatninu fram neðan sjávarmáls, og blandast fljótlega við grunnvatnið í þeim mæli að öll efni nema arsen eru undir leyfilegu hámarki í neysluvatni. Samkvæmt reiknilíkaninu blandast skiljuvatnið á tiltölulega þröngu svæði, og aldrei koma fram nein áhrif frá skiljuvatninu við hugsanlega nýjan vatnstökustað vestan núverandi vatnsbóls Þorlákshafnar. Við þessar aðstæður myndast aflangt svæði vestan við Þrengslavegin til sjávar þar sem arsenstyrkur er yfir mörkum drykkjarvatnsstaðla. Allnokkurn tíma tekur að ná jafnvægisástandi og þeim mun lengri eftir því sem fjær dregur losunarstaðnum. Það tekur um 25 ár að ná endanlegum hámarksstyrk við suðurströndina.

## 5.4 Loftgæði

### 5.4.1 Inngangur

Árið 2001 var heildarlosun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi ígildi um 3,3 milljóna tonna koldíoxíðs en var um 2,9 milljónir tonna árið 1990 og hafði því aukist um 12,8% frá þeim tíma. Um 35% losunarinnar kemur frá iðnaði, 26% frá samgöngum og tækjum, 22% frá fiskiskipum og 17% frá annarri starfsemi. Koldíoxíðútblástur frá jarðhitavirkjunum var um 2% af koldíoxíð útblæstri frá landinu árið 1989 (Halldór Ármannsson o.fl. 2001) en hafði aukist í um 5% árið 2000 (Birna Hallsdóttir 2001). Þegar stóriðja sem komið hefur til eftir 1990 hefur verið dregin frá nemur losun frá Íslandi árið 2000 um 3,2 milljón tonna sem jafngildir 8% aukningu frá 1990. Þá er ekki talin með binding með landgræðslu og skógrækt sem er rúmlega 100 þúsund tonn (Alþingi 2001).

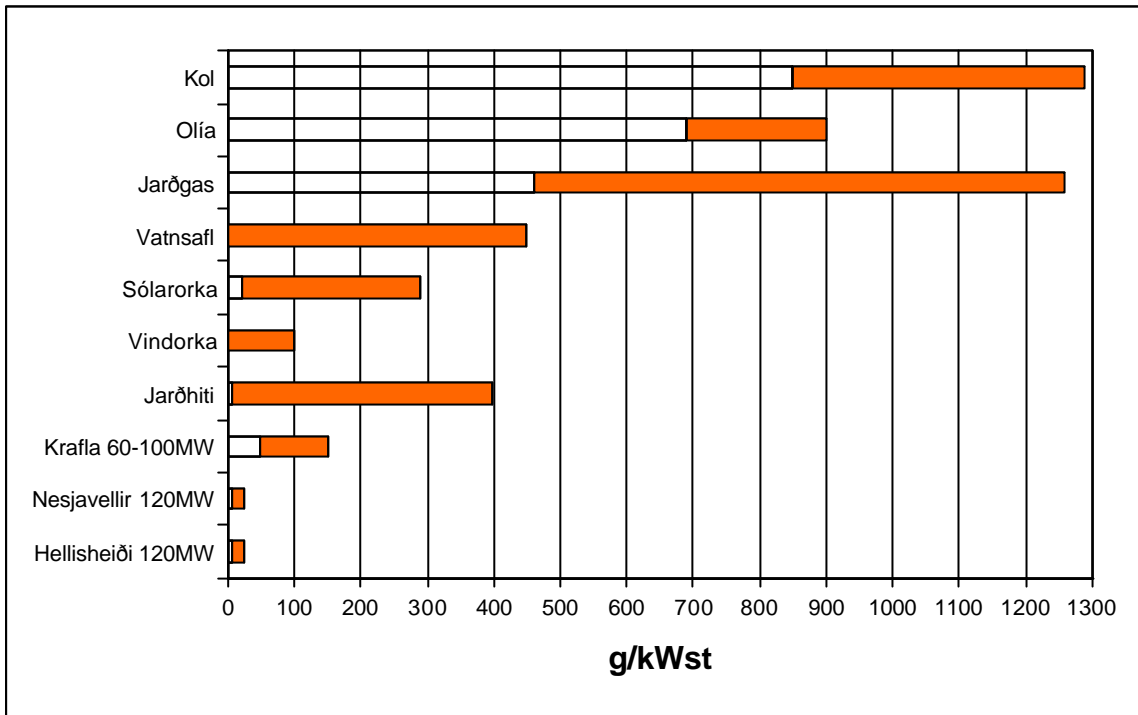
Í jarðhitagufunni á Hellisheiði eru óþéttanlegar lofttegundir um 0,4% af massa gufunnar. Þær eru fjarlægðar úr eimsvölunum með lofttæmidælum og veitt til lofts. Áætlað útstreymi jarðhitalofttegunda frá fullbyggðri virkjun er um 26.800 tonn/ári. Helstu lofttegundirnar í jarðhitagufunni eru: koldíoxíð ( $\text{CO}_2$ ), brennisteinsvetni ( $\text{H}_2\text{S}$ ), vetni ( $\text{H}_2$ ) og metan ( $\text{CH}_4$ ). Styrkur koldíoxíðs er langmestur eða um og yfir 90%, en styrkur brennisteinsvetnis um 9%. Styrkur vetnis og metans er lítill.

Brennisteinsvetni er eitruð og sterk lyktandi lofttegund sem getur oxast í brennisteinsdíoxíð ( $\text{SO}_2$ ). Niðurstöður rannsókna á hugsanlegri oxun  $\text{H}_2\text{S}$  frá jarðhitasvæðum á Íslandi yfir í  $\text{SO}_2$  sýna að  $\text{H}_2\text{S}$  er þvegið umsvifalaust úr andrúmslofti í rigningu og jafnvel á þurrum, lygnum dögum oxast aðeins lítið brot  $\text{H}_2\text{S}$  í  $\text{SO}_2$  (Gretar Ívarsson o.fl. 1993; Hrefna Kristmannsdóttir 1997; Kristmannsdóttir o.fl. 2000).

Losun gróðurhúsalofttegunda á sér stað við orkuframleiðslu með flestum orkugjöfum, en í mismiklu magni. Mynd 36 sýnir spönn losunar koldíoxíðs með mismunandi orkugjöfum reiknað á hverja kWst. Rannsóknir sýna að losun gróðurhúsalofttegunda vegna vatnsaflsvirkjana á Íslandi er nánast hverfandi (Hlynur Óskarsson og Jón Guðmundsson 2001). Losun gróðurhúsalofttegunda frá virkjun á Hellisheiði mun verða sambærileg við losun frá Nesjavöllum þegar báðar virkjanir eru fullbyggðar. Í báðum tilfellum er um mjög litla losun að ræða á hverja framleidda kWst vegna samvinnslu raforku og varma í virkjununum samanborið við aðra kosti við raforkuframleiðslu. Halldór Ármannsson o.fl. (2001) hafa



skýrt frá athugunum nokkurra erlendra vísindamanna sem komist hafa að þeirri niðurstöðu að nýting jarðhitasvæða breyti engu um heildarstreymi koldíoxíðs til andrúmslofts heldur fari það að einhverju leyti aðra leið. Losun koldíoxíðs frá jarðhitavirkjunum er t.a.m. ekki talið með í grænu bókhaldi Ítala um gróðurhúsalofttegundir.



Mynd 36. Losun gróðurhúsalofttegunda miðað við mismunandi orkugjafa (Hunt 2000).

\*Upplýsingar um Kröflu (VGK 2001), Nesjavellir og Hellisheiði reiknuð gildi

#### 5.4.2 Áhrif framkvæmdar

Umhverfisáhrif jarðhitaloфтtegunda frá virkjun eru þau sömu hvað varðar kosti I og II.

##### Á framkvæmdatíma

Gufan, sem frá blásandi holum kemur, fer um hljóðdeyfi út í andrúmsloftið eins og útstreymi frá gufuaugum. Helstu lofttegundirnar í gufunni eru koldíoxíð (>90%) og brennisteinsvetni (9%), en lítills háttar vetni og metan. Magn þessara lofttegunda mun fara eftir því hversu mikið holurnar þurfa að blása á framkvæmdatímanum.

##### Á rekstrartíma

Orkuveita Reykjavíkur fylgist með blásturstíma, efnasamsetningu og rennsli jarðhitavökva, bæði á framkvæmdatíma og rekstrartíma. Magn gróðurhúsaloфтtegunda sem fer til lofts er reiknað, fært í grænt bókhald Orkuveitunnar og gefið út í árlegri umhverfisskýrslu. Vegna virkjunar á Hellisheiði mun losun koldíoxíðs aukast um um 24.300 tonn á ári. Þetta samsvarar 0,74% aukningu á losun koldíoxíðs á Íslandi miðað við losunina 2001 (Umhverfisstofnun 2003b). Losun metans eykst einnig lítills háttar eða um 16 tonn árlega sem er um 0,1% aukning miðað við losunina 2001. Telja verður að virkjun á Hellisheiði sé með betri virkjunarkostum sem völ er á með tilliti til losunar gróðurhúsaloфтtegunda.

Vegna virkjunar á Hellisheiði mun losun brennisteinsvetnis aukast um 2.500 tonn á ári við fullbyggða virkjun. Þetta samsvarar um 45% þess magns sem losað er frá Nesjavallavirkjun um þessar mundir. Árleg losun brennisteinsvetnis frá jarðhitavirkjunum á Íslandi árið 2001 var um 16.000 tonn og eykst því um 16%. Þar sem mjög úrkomu- og vindasamt er á Hellisheiði og við Kolviðarhól má búast við að mestur hluti brennisteinsvetnis frá virkjuninni þvoist úr loftinu.

Lyktarskyn mannsins er ákaflega næmt fyrir brennisteinsvetni, og flestir finna lykt þó styrkur í andrúmslofti sé innan við 10 ppb. Þar sem brennisteinsvetni er náttúruleg lofttegund á háhitasvæðum, sem sleppur út í andrúmsloftið um gufuaugu og aðra yfirborðsvirkni þá er lykt af brennisteinsvetni viðvarandi á flestum háhitasvæðum landsins. Virkjun háhitans hraðar losun brennisteinsvetnis út í andrúmsloftið og veldur þannig auknum styrk. Erfitt er að spá fyrir um hvaða áhrif aukin losun við Kolviðarhól muni hafa og ræðst það af staðbundnu vindafari, landslagi og fleiru. Orkuveita Reykjavíkur hefur fylgst með styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti á Helligheiði og nágrenni frá miðju ári 2001 til þess að leggja mat á hvaða áhrif aukin losun brennisteinsvetnis kemur til með að hafa. Frá Nesjavöllum eru til tölur um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti eftir að virkjunin tók til starfa. Erfitt er að bera þessi gögn saman vegna staðbundinna áhrifa sem hafa mikil áhrif á dreifingu og útskolun jarðhitaloftegunda í andrúmslofti.

Yfirborðshiti á Helligheiðarsvæðinu er mun minni heldur en á Nesjavallasvæðinu og því er náttúruleg losun jarðhitaloftegunda þar einnig mun minni. Ef styrkur í andrúmslofti mælist innan við 10 ppb er óvíst hvort lykt finnist. Hæstu augnabliksgildi sem mælst hafa á Nesjavöllum eru 2500 ppb, en í 45% tilvika finnst engin lykt. Á Helligheiði er hæsta gildið 147 ppb. Til samanburðar má geta þess að ekki er ráðlagt að dvelja lengur en 8 klst á stöðum þar sem styrkur brennisteinsvetnis í andrúmslofti er 10.000 ppb og ekki lengur en 15 mínútur ef styrkurinn er 15.000 ppb. Lítil hætta er talin stafa af losun brennisteinsvetnis frá virkjun á Helligheiði. Við ákveðnar aðstæður má búast við að brennisteinslykt finnist á virkjunarsvæðinu.

### 5.4.3 Niðurstöður

Losun koldíoxíðs á Íslandi eykst um allt að 24.300 tonn árlega eða um 0,74% miðað við losunina 2001. Þá eykst losun metans á Íslandi um 16 tonn árlega eða um 0,1% miðað við losunina 2001. Ekki er talið að þessi losun hafi nein áhrif á næsta umhverfi virkjunarinnar.

Losun gróðurhúsalofttegunda á hverja kWst orku frá virkjun á Helligheiði er talin verða með því lægsta sem völ er á við orkuframleiðslu. Þetta stafar meðal annars af mikilli nýtni vegna samvinnslu rafmagns og varma. Koldíoxíð streymir frá öllum jarðhitasvæðum og telja sumir erlendir vísindamenn að nýting jarðhitasvæðanna breyti engu um heildarstreymi koldíoxíðs frá þeim.

Við virkjunina mun losun brennisteinsvetnis frá jarðhitavirkjunum á Íslandi aukast um u.þ.b. 2.500 tonn á ári eða um 16% miðað við losunina 2001. Rafmagnsframleiðsla í jarðvama virkjunum fer úr því að vera um 200 MW í 320 MW og aukningin er því um 60% með tilkomu virkjunar á Helligheiði. Talið er hverfandi hluti brennisteinsvetnis muni oxast í brennisteinsoxíð, en megin hlutinn falli til jarðar með úrkomu og oxist í súlfat eða brennistein. Vegna mikillar úrkomu og vinds á virkjunarsvæðinu má búast við að brennisteinsvetnið þvoist tiltölulega fljótt úr lofti. Lítil hætta er talin stafa af losun brennisteinsvetnis frá virkjun á Helligheiði en við ákveðnar aðstæður má búast við að brennisteinslykt finnist á virkjunarsvæðinu.

Magn losaðra gróðurhúsalofttegunda og brennisteinsvetnis verður bókfært í grænu bókhaldi Orkuveitu Reykjavíkur og gefið út í árlegri umhverfisskýrslu.

## 5.5 Gróðurfar

### 5.5.1 Áhrif framkvæmdar

Áhrif á gróður á virkjunarsvæðinu og við hitaveituæð til Reykjavíkur takmarkast við rask á grónum svæðum sem fara undir mannvirki, svo sem borsvæði, lagnir, vegi, námur og byggingar og nánasta umhverfi. Jarðhitavökvi frá blásandi borholum getur einnig haft áhrif á gróður í næsta nágrenni. Áhrif kosta I og II eru þau sömu nema í kosti II bætist við áætlað rask og áhrif á mosagróið hraun á byggingarreit á efra virkjunarsvæðinu við Gígahnúk.

### VirkJunarsvæði



Á þeim stöðum sem borað hefur verið og fyrirhuguðum borsvæðum, lagnaleiðum, vegstæðum, niðurrennsliðsvæði, námasvæðum og byggingasvæðum er gróður fyrst og fremst mosagróður, graslendi og bersvæðagróður. Virkjunarsvæðið er utan þeirra svæða þar sem gróðurlendi eru fjölbreyttust þ.e frá Skarðsmýri inn í Miðdal og Fremstadal. Það á við einnig um tegundaauðugustu svæðin, Fremstadal og Húsmúla. Ekki er líklegt að framkvæmdir muni hafa veruleg varanleg áhrif á gróður. Á þeim stöðum sem mannvirki verða niðurgráfin og land grætt upp að lokinni framkvæmd verða áhrifin tímabundin. Áætlað flatarmál gróinna svæða sem raskast á virkjunarsvæðinu samkvæmt gróðurkort Rannsóknastofnunar landbúnaðarins (1990) er: Um 70.000 m<sup>2</sup> af graslendi á neðra virkjunarsvæðinu á byggingarreit við Kolviðarhól samkvæmt bæði kosti I og II, um 20.000 m<sup>2</sup> af mosapembu á byggingarreit efra virkjunarsvæði (kostur II) og um 30.000 m<sup>2</sup> af graslendi og 40.000 m<sup>2</sup> af mosagróðri við ferksvatnsæð (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2003). Samanlagt er því áætlað að um 180.000 m<sup>2</sup> gróins lands geti á einhvern hátt raskast við framkvæmdir á virkjunarsvæðinu. Gert er ráð fyrir að land verði grætt upp aftur á svæðum, þar sem það á við. Með góðu skipulagi er ekki talið að mikil varanleg röskun verði á stórum grónum svæðum eða á sjaldgæfum gróðurlendum né að sjaldgæfar tegundir hverfi úr flóru svæðisins.

### Hitaveituæð

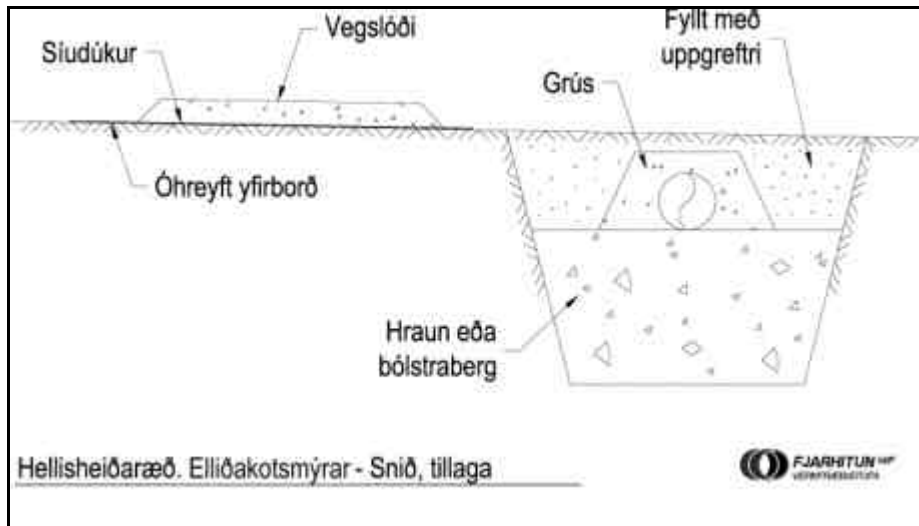
Samkvæmt fyrirbyggjandi gögnum og vettvangsrannsóknum eru ekki sjaldgæf gróðurfélög sem þörf er að vernda á áhrifasvæði hitaveituæðar. Hins vegar ber að gera ráðstafanir til að spilla ekki votlendi í Elliðakotsmýrum. Einnig er bent á að taka tillit til þess að spilla ekki gróðri í sérkennilegum hraunbollum í hrauninu norðan við Litlu kaffistofuna þar sem fyrirhugað er að heitavatnsleiðslan liggja um. Huga ber einnig að því að raska ekki tjörn („Brúsatjörn“) sem staðsett er undir háspennulínunum austar í hrauninu. Lagt er til að vernda hana og næsta umhverfi hennar fyrir framkvæmdum vegna þess að þó að slíkar tjarnir séu algengar bæði á lands- og héraðsvísu þá er þessi tjörn sú eina í þessu hrauni og þess vegna svæðinu til mikillar þýði. Áætlað flatarmál gróinna svæða, sem raskast vegna hitaveituæðar og vegslóða með henni er um 130.000 m<sup>2</sup> mosagróður, 50.000 m<sup>2</sup> lyngmói, 50.000 m<sup>2</sup> graslendi, 1.000 m<sup>2</sup> blómlendi, 30.000 m<sup>2</sup> rækað land, 6.000 m<sup>2</sup> mýri, 1.500 m<sup>2</sup> flói en um 4000 m<sup>2</sup> eru lítt grónar eyrar eða melar (Náttúrufræðistofnun Íslands 2003). Samanlagt er áætlað að um 270.000 m<sup>2</sup> gróins lands geti raskast vegna framkvæmda við um 18 km langa hitaveituæðina. Þar af er áætlað að um 7.500 m<sup>2</sup> votlendis raskist í Elliðakotsmýrum. Yfirborð lagnaskurða verður grætt upp að lokinni framkvæmd.

#### 5.5.2 Mótvegisaðgerðir

Við staðsetningu borhola verður leitast við að draga úr raski með því að staðsetja holurnar á borteigum sem allir verða innan afmarkaðar borsvæða og nærri núverandi vegum eins og mögulegt er. Það leiðir til þess að borstæðin minnka, lagnaleiðir stytast, auk þess sem lögnum og vegum fækkar. Settar verða dropasúr á blástursbúnað borholna til að jarðhitavökvi dreifist síður umhverfis holur í blæstri og spilli gróðri.

Til að koma í veg fyrir skerðingu votlendis við Húsmúla verður fyrirhuguð ferksvatnslögn frá vatnsbóli virkjunarinnar lögð í hraunjaðar vestan Draugatjarnar. Við ákvörðun um legu hitaveituæðar verður tekið tillit til ábendinga Náttúrufræðistofnunar Íslands um varðveislu sérstæðrar tjarnar („Brúsatjarnar“) í Svínahrauni og að hlífa tveimur hraunbollum norðan Litlu kaffistofunnar.

Í Elliðakotsmýrum er gert ráð fyrir að hanna hitaveituæðina þannig að mýrarnar haldist eftir að framkvæmdum líkur. Skipt verður um jarðveg undir lögninni. Fylling verður gróf (hraun eða bólstraberg) þannig að hún hafi ekki áhrif á vatnssstöðu. Vegna legu lands er ekki talin hætta á að þessi fylling ræsi fram mýrina. Utan um lögnina kemur um 3 m breið grúsarfylling, en þar fyrir utan verður fyllt með uppgröfnu efni úr mýrinni og sáð viðeigandi gróðri eða sárið látið jafna sig með sjálfsáningu. Um 4 m breiður þjónustuvegur meðfram lögninni verður gerður þannig að á síudúk verður lögð um 0,5 m þykk vegfylling þannig að vegurinn fljóti ofan á mýrunum (mynd 37).



Mynd 37. Tillaga að frágangi lagnaskurðar og þjónustuvegar við hitaveituæð í Elliðakotsmýrum.

### 5.5.3 Niðurstöður

Ekki er líklegt að framkvæmdir á virkjunarsvæðinu muni hafa veruleg varanleg áhrif á gróður. Jafnframt er ekki talið líklegt að mikil röskun verði á stórum grónum svæðum eða á sjaldgæfum gróðurlendum né að sjaldgæfar tegundir hverfi úr flóru svæðisins.

Á áhrifasvæði hitaveituæðar frá virkjun á Hellisheiði eru ekki sjaldgæf gróðurfélög sem þörf er að vernda. Í Elliðakotsmýrum er áætlað að um 7.500 m<sup>2</sup> votlendis raskist. Með því fyrirkomulagi sem er fyrirhugað er talið að mýrin haldist eftir að framkvæmdum lýkur og að áhrif á vatnsstöðu í mýrinni verði engin. Varanleg áhrif á verðmæt góðurlendi verði lítil.

## 5.6 Dýralíf

### 5.6.1 Áhrif framkvæmdar

Áhrif kosta I og II á dýralíf eru sambærileg.

#### Áhrif á fugla

Á framkvæmdatíma geta varpfuglar í næsta nágrenni framkvæmda orðið fyrir truflun á varptíma (maí-júní), s.s. við borun, vegagerð og annað jarðrask á byggingarsvæðum. Samkvæmt könnun á fuglalífi á Hengli og Hellisheiði eru varptegundir á svæðinu allar útbreiddar og algengar á svipuðum gróðurlendum um allt land. Fyrstu athuganir benda til þess að þéttleiki fugla á Hellisheiði og Hengli sé tillölulega lítill. Líklegasta skýringin á því er að vatnsskortur takmarki undirstöður fuglalífs á þessu svæði. Áhrifin eru því talin verða mjög lítil og ekki mælanleg á landsvísu þar sem mjög lítill hluti viðkomandi stofna yrði fyrir truflun. Á rekstartíma er varla fyrirsjáanlegt að um geti orðið að ræða nein veruleg bein áhrif á varpfugla.

#### Áhrif á smádýr

Líkleg áhrif mannvirkjaframkvæmda á smádýrafánuna felast einkum í beinum áhrifum sem hljótast af jarðraski, breytingum á gróðursamfélögum og óbeinum áhrifum er felast í breytingum á virkni jarðhita. Samkvæmt könnun á smádýralífi er það talið hafa mest verndargildi í Sleggjubeinsskarði. Hvorki eru fyrirhuguð mannvirki á því svæði né búist við breytingum á gróðurfari eða virkni jarðhita. Framkvæmdin er því talin hafa lítil áhrif á smádýr.

#### Áhrif á vatnalíf

Ekki er gert ráð fyrir breytingum á virkni yfirborðsjarðhita og því reiknað með að rennsli náttúrulegs jarðhitavatns breytist ekki. Allt affallsvatn verður losað í borholur. Breytingar á grunnvatnsstöðu munu



takmarkast við næsta nágrenni vatnsbóls við Engidalskvísl. Ekki er gert ráð fyrir áhrifum á vatnsborð Draugatjarnar eða rennsli lækja að og frá henni. Þar sem ekki er gert ráð fyrir breytingum á vatnafari er framkvæmdin ekki talin hafa áhrif á vatnalíf.

### 5.6.2 Mótvegisaðgerðir

Ekki er talin ástæða til mótvægisaðgerða vegna áhrifa á dýralíf.

### 5.6.3 Niðurstöður

Á framkvæmdatíma geta varpfuglar í næsta nágrenni framkvæmda orðið fyrir truflun af mannvirkjagerð og borun. Áhrif þess á fuglalíf á framkvæmdasvæðinu eru talin lítil. Jarðrask verður á takmörkuðu svæði og búist við lítlum áhrifum smádýralífs. Framkvæmdin er einnig talin hafa lítil áhrif á vatnalíf.

## 5.7 Lífríki hvera

### 5.7.1 Áhrif framkvæmdar

Áhrif kosta I og II á lífríki hvera eru sambærileg.

Í nágrenni framkvæmdasvæðis fyrirhugaðrar virkjunar á Hellisheiði er merki um yfirborðsvirkni jarðhita greinilegust í Sleggjubeinsdal, Hveradölum og Bakarabrekku undir hlíðum Skarðsmýrarfjalls. Á Hengilssvæðinu eru víða hverir svo hveravirknin á rannsóknasvæðinu er ekki sérstök fyrir þetta landssvæði.

Á Nesjavöllum hefur Orkuveita Reykjavíkur fylgst með yfirborðsvirkni jarðhita þar sem hann er virkastur í nágrenni vinnslusvæðis virkjunarinnar. Ekki hefur orðið vart sýnilegra breytinga á hverum frekar en eðlilegt má teljast á jarðhitasvæðum. Á sama hátt og á Nesjavöllum hefur verið fylgst með yfirborðsvirkni á Ölkelduhálssvæði. Þar hefur engin vinnsla verið ef frá er talið um 3 mánaða blásturspröfun á borholu sem þar er. Breytingar á þessu svæði eru meiri en þær sem eru sjáanlegar á Nesjavöllum. Þær eru taldar tilkomnar vegna jarðskjálftavirkni. Það er eðli jarðhitans að breytast frá einum tíma til annars. Orsakir breytinganna geta verið margvíslegar m.a. hæggar landbreytingar á löngum tíma eða sneggri breytingar á virkni vegna jarðhræringa tengdum eldvirkni og jarðskjálftum.

### 5.7.2 Niðurstöður

Á framkvæmdatíma verður ekkert jarðrask á hverasvæðum í nágrenni framkvæmdasvæðisins. Virkjunin hefur því engin bein áhrif á hveralíf. Ekki er búist við breytingum á yfirborðsvirkni jarðhita á Hellisheiði í kjölfar jarðhitanytingar. Því er talið að virkjun á Hellisheiði muni ekki heldur hafa óbein áhrif á lífríki hvera.

## 5.8 Skipulag og landnotkun

### 5.8.1 Áhrif framkvæmdar

Lítill munur er á áhrifum kosta I og II á skipulag og landnotkun. Annar byggingarreitur bætist við í kosti II að efra virkjunarsvæði en hann er innan er skilgreinds iðnaðarsvæðis. Samráð hefur verið haft við Sveitarfélagið Ölfus um tillögu að nýju aðalskipulagi sem hefur verið auglýst. Gerð hefur verið tillaga að eftirfarandi landnotkun vegna virkjunarinnar:

#### Vatnsverndarsvæði

Vatnsverndarsvæði verður skilgreint vestan Húsmúla vegna vatnsbóls virkjunarinnar (mynd 1), samanber reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns, með síðari breytingum. Verndarsvæðið skiptist í brunnsvæði, grannsvæði og fjarsvæði. Við skilgreiningu vatnsverndarflokkanna hefur verið tekið mið af vatnafræðilegum, jarðfræðilegum og landfræðilegum

aðstæðum á vatnasviði vatnsbólans, mikilvægi þess og mengunarhættu. Vatnverndarsvæðin skiptast í eftirfarandi þrjá flokka í samræmi við 13. gr fyrrgreindrar reglugerðar.

- I. Brunnsvæði sem er næsta nágrenni vatnsbólans. Það er algjörlega friðað fyrir óviðkomandi umferð og framkvæmdum öðrum en þeim, sem nauðsynlegar eru vegna vatnsveitunnar. Heilbrigðisnefnd getur, þar sem þörf krefur, krafist þess að svæðið skuli girt mannheldri girðingu, sem sé minnst 5 metra frá vatnsbóli.
- II. Grannsvæði utan við brunnsvæðið og við ákvörðun stærðar þess og lögunar er tekið tillit til jarðvegsþekju svæðisins og grunnvatnsstrauma sem stefna að vatnsbólinu. Á þessu svæði er notkun á hættulegum efnum og birgðageymsla slíkra efna bönnuð. Nýjar byggingar, sumarbústaðir eða þess háttar eru ekki leyfðar á svæðinu. Vegalagnir, áburðarnotkun og önnur starfsemi innan svæðisins skal vera undir ströngu eftirliti.
- III. Fjarsvæði er á vatnasvæði vatnsbólans en liggur utan þess lands sem telst til I. og II. flokks verndarsvæðanna. Þar sem vitað er um sprungur eða misgengi á þessu svæði, skal fyllstu varúðar gætt í meðferð hættulegra efna. Stærri geymslur fyrir slík efni eru bannaðar á svæðinu. Heilbrigðisnefnd getur gefið út frekari fyrirmæli varðandi umferð á þessu svæði, svo og um byggingu sumarhúsa og annarra mannvirkja.

### **Iðnaðarsvæði**

Samkvæmt Skipulags og byggingarlögum nr. 73/1997 gr. 4.7.1 falla svæði til jarðhitavinnslu, þar sem gert er ráð fyrir virkjun, undir iðnaðarsvæði. Iðnaðarsvæðið skiptist annars vegar í efra og neðra svæði, sem tengjast um Hellisskarð og hins vegar tvö niðurrenslissvæði vestan Lambafells. Sýnt sem gráir reitir á mynd 38.

- Gert er ráð fyrir að borsvæði og mannvirki verði innan þessara iðnaðarsvæða. Efra svæðið á Hellisheiði afmarkast að norðan af Skarðsmýrarfjalli og að vestan af Hamragili og Þverfelli. Að austan afmarkast svæðið af óröskuðu Orrustuhólshrauni og til suðurs nær það að Stóra-Reykjafelli og suður fyrir Gígahnúk. Neðra svæðið nær norður undir Sleggju og afmarkast að vestan af línu frá Sleggjubeinsskarði suður að Litla-Reykjafelli. Að austan nær það að Hamragili og austur fyrir Kolviðarhól. Gert er ráð fyrir að byggingarreitir stöðvarhúss og tengdra mannvirkja virkjunarinnar samkvæmt kosti I verði við Kolviðarhól. Byggingarreitir fyrir stöðvarhús samkvæmt kosti II eru í nágrenni Kolviðarhóls og einnig suðaustan Gígahnúks. Áætlað er að skiljustöðvar kosts I verði á efra virkjunarsvæðinu ofan Hellisskarðs og vestan Þverfells á neðra virkjunarsvæðinu. Skiljustöðvar kosts II eru áætlaðar á sömu stöðum, en auk þess verður ein skiljustöð norðan Gígahnúks. Aðveituæðar frá skiljustöð á efra svæði að stöðvarhúsi við Kolviðarhól verða lagðar um Hellisskarð. Lokahús og gufuháfar verða reist á neðra svæðinu í nágrenni við kæliturn kosts I. Samkvæmt kosti II verða lokahús og gufuháfar við kæliturna bæði við Kolviðarhól og Gígahnúk.
- Á tveimur svæðum í Þrengslum vestan Lambafells er fyrirhugað niðurrennsli affallsvatns í borholur djúpt í grunnvatnslög.

Efnistaka er áformuð úr námu í Hamragili. Orkuveita Reykjavíkur hefur gert athugasemd við auglýsta tillögu aðalskipulags Ölfuss um að ekki sé gert ráð fyrir efnistöku á þessum stað. Fyrirhugað er að losa uppgröft vegna framkvæmda annars vegar í gamla námu fyrir framan Hamragil og hins vegar í gamlar námur við Gígahnúk.

Niðurgrafin hitaveituæð verður lögð frá stöðvarhúsinu við Kolviðarhól að geymum Orkuveitu Reykjavíkur á Reynisvatnsheiði. Þjónustuvegur verður meðfram lögninni. Næst virkjuninni er áformað að hitaveituæðin fylgi gamla þjóðveginum frá Kolviðarhóli inn á Svínahraun. Síðan verður lögnin sunnan við Sogslínu 2 að spennivirkinu á Geithálsi þar sem hitaveituæðin mun þvera háspennulínuna til norðvesturs að miðlunargeymunum á Reynisvatnsheiði. Fyrirhuguð hitaveituæð er í samræmi við tillögu að aðalskipulagi Sveitarfélagsins Ölfuss en ekki er gert ráð fyrir hitaveituæð staðfestu aðalskipulagi Mosfellsbæjar og Reykjavíkur.



Niðurgráfin ferskvatnsæð frá vatnsbólvi virkjunarinnar við Engidalskvísl að stöðvarhúsi er í samræmi við auglýsta tillögu að aðalskipulagi Ölfuss.

Nú er fyrirhuguð önnur lega niðurrennsliðsæðar frá stöðvarhúsi að niðurrennsliðsæði austan Lambafells, en kynnt er í fyrirnefndri aðalskipulagstillögu og hefur Orkuveita Reykjavíkur gert athugasemd þar um.

Gert er ráð fyrir að rafstöð virkjunarinnar tengist á 132 kV inn á núverandi háspennulínu Landsvirkjunar á svæðinu.

Óhjákvæmilegt er að í einhverjum tilvikum þveri lagnir og vegir göngu- eða reiðleiðir um framkvæmdasvæðið. Einhverjar truflanir geta orðið á framkvæmdatíma.

Talið er að ráðgerðar framkvæmdir þurfi ekki að trufla skíðaiðkun á skíðasvæðunum í Hamragili og í Sleggjubeinsskarði umtalsvert á framkvæmda og rekstrartíma. Framkvæmdir sem hugsanlega gætu valdið truflun eru annars vegar efnistaka í Hamragili og hins vegar borun og blástur vinnsluholna í Sleggjubeinsskarði eða ofan Hamragils. Um þessar framkvæmdir verður haft samráð við viðkomandi skíðafélög.

### 5.8.2 Mótvegisaðgerðir

Komi til þess að þvera þurfi göngu- eða reiðleiðir verður hjáleið gerð fær á framkvæmdatímanum og umferð vísað á hana. Reynt verður að ganga þannig frá þverunum að umferð verði áfram greið um svæðið að loknum framkvæmdum.

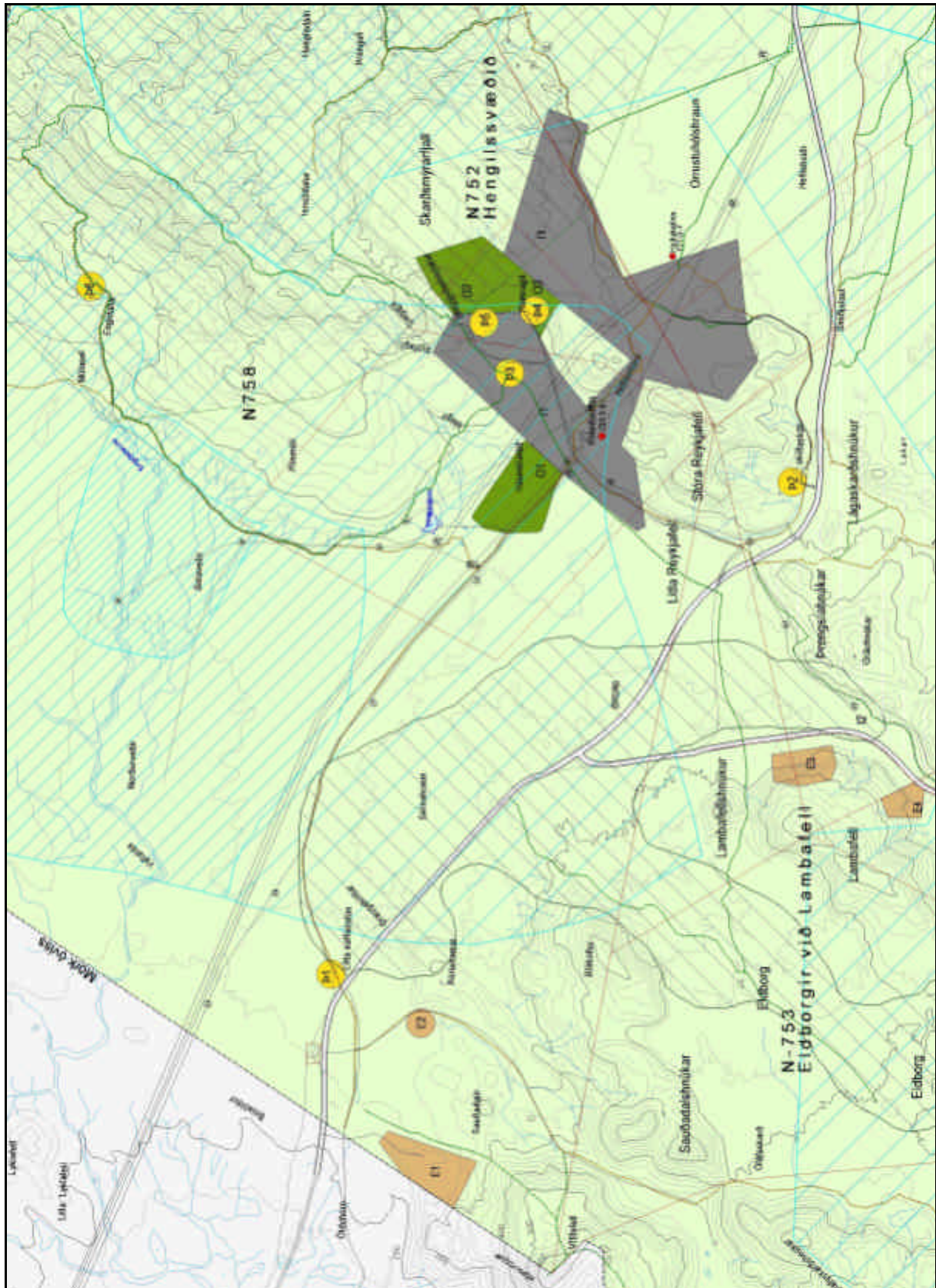
Með því að fylgja núverandi vegum, slóðum og háspennulínunum og grafa hitaveituæðina í jörð er reynt að draga úr truflun á landnotkun.

### 5.8.3 Niðurstöður

Framkvæmdin er í samræmi við tillögu að aðalskipulagi Sveitarfélagsins Ölfuss, sem hefur verið auglýst, að því tilskildu að tekið verði tillit til athugasemda Orkuveitunnar varðandi fyrirhugaða efnistöku í Hamragili, niðurrennsliðsæði og veg inn á efra virkjunarsvæðið. Þar eru afmörkuð vatnsverndarsvæði umhverfis vatnsból virkjunarinnar, iðnaðarsvæði umhverfis borsvæði, byggingarreiti og niðurrennsliðsæði.

Breyta þarf aðalskipulagi Mosfellsbæjar og Reykjavíkur þar sem ekki er gert ráð fyrir hitaveituæð í staðfestu aðalskipulagi þessara sveitarfélaga.

Val á leið hitaveituæðar frá virkjun til Reykjavíkur og fyrirhugaðar mótvegisaðgerðir vegna framkvæmda við borun, efnistöku, lagnir og vegi eru taldar leiða til þess að áhrif á landnotkun, m.a. nýtingu skíðasvæða, göngu- og reiðleiða verði lítil.



Mynd 38. Afmörkun iðnaðarsvæðis í auglýstri tillögu að aðalskipulagi Ölfuss (Gísli Gíslason, 2003).



## 5.9 Jarðmyndanir og landslag

Í kafla 2.3 er greint frá jarðmyndunum og landslagi á framkvæmdasvæðinu. Líffræðistofnun Háskólans vann skýrslu um gildi landslags á Hengilssvæðinu (Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2002). Þar kemur fram að svæðinu er skipt upp í 6 hluta. Samkvæmt því fellur framkvæmdasvæði virkjunarinnar undir suður- og suðvesturhluta. Suðurhlutinn hefur minnst landlagsgildi, því næst kemur suðvesturhlutinn, en mest gildi hefur miðhlutinn, en undir hann fellur Hengillinn sjálfur, Skeggi og Hengladalir.

Í greinargerð Íslenskra orkurannsóknna um jarðfræðilegar aðstæður á virkjunarsvæðinu er bent á jarðmyndanir sem hafa verndargildi, sjá mynd 39 (Kristján Sæmundsson, 2003). Þær helstu eru:

- Suðurgígarnir í B/C-hrauninu sem er um 5800 ára gamalt og norðurgígarnir í D-hrauninu sem er um 2000 ára gamalt. Um er að ræða lága gjall- og klepragíga sem eru óskemmdir.
- Misgengi í B/C-hrauninu neðan við Hellisskarð. Það sneiðir brekkuna neðan við Búastein og á sama hátt Reykjafellsmegin.
- Brennisteinshverir í hvilft vestan í Skarðsmýrarfjalli austan við Sleggjubeinsskarð. Önnur af tveimur þyrpingum slíkra hvera á vestanverðu Hengilssvæðinu.
- Tveir stórir sprengigígar. Dauðadalur norðan í Reykjafelli og Hveradalir sunnan í fjallinu. Báðir gígarnir eru nánast óspilltir, Dauðadalur má reyndar heita ósnertur.

### 5.9.1 Áhrif framkvæmdar

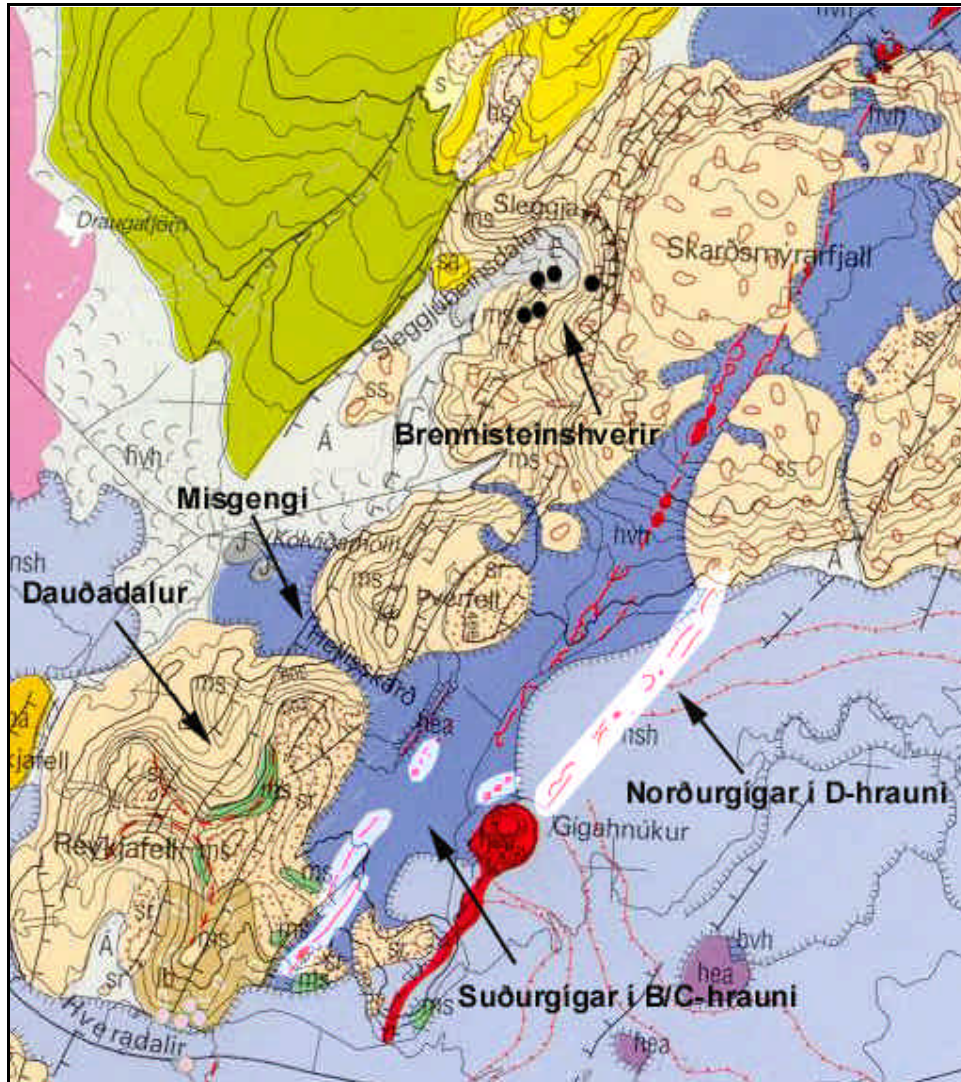
Áhrif á jarðmyndanir og landslag verða ef ný mannvirki eru gerð á óröskuðu landi. Byggingar, svo sem stöðvarhús, skiljustöð, lokahús, gufuháfar, kæliturn og ferskvatnsgeymir munu raska landi, sem nemur grunnfleti þeirra og nánasta umhverfi. Einnig munu borteigar, lagnir, vegir og náma hafa jarðrask í för með sér. Gert er ráð fyrir jarðraski á mestöllum byggingarreitunum og námusvæði. Tafla 11 sýnir annars vegar áætluð svæði sem fara undir mannvirki og hins vegar áætlað rask þar fyrir utan á framkvæmdatíma. Framkvæmdir í kosti I valda minna raski en í kosti II. Munar þar helst um byggingarreitina sem verða tveir samkvæmt síðari kostinum og raskið verður um 20.000 m<sup>2</sup> meira.

Tafla 11. Áætlað jarðrask og svæði sem fer undir mannvirki.

Mannvirki	Svæði undir mannvirki	Rask við framkvæmd	Samtals
Aðkomuvegur efra svæði /tengivegur	80.000 m <sup>2</sup>	30.000 m <sup>2</sup>	110.000 m <sup>2</sup>
Slóðar meðfram safnæðum	50.000 m <sup>2</sup>	25.000 m <sup>2</sup>	75.000 m <sup>2</sup>
Ferksvatnslögn/vatnsból	50.000 m <sup>2</sup>	50.000 m <sup>2</sup>	100.000 m <sup>2</sup>
Niðurrennislögn/svæði	20.000 m <sup>2</sup>	15.000 m <sup>2</sup>	35.000 m <sup>2</sup>
Hitaveituæð og þjónustuvegur	200.000 m <sup>2</sup>	100.000 m <sup>2</sup>	300.000 m <sup>2</sup>
Borteigar/plön	100.000 m <sup>2</sup>	15.000 m <sup>2</sup>	115.000 m <sup>2</sup>
Byggingareitur kostur I	70.000 m <sup>2</sup>		70.000 m <sup>2</sup>
Byggingarreitir kostur II	90.000 m <sup>2</sup>		90.000 m <sup>2</sup>
Náma	20.000 m <sup>2</sup>		20.000 m <sup>2</sup>
<b>Áætlað jarðrask, Kostur I</b>	<b>590.000 m<sup>2</sup></b>	<b>235.000 m<sup>2</sup></b>	<b>825.000 m<sup>2</sup></b>
<b>Áætlað jarðrask, Kostur II</b>	<b>610.000 m<sup>2</sup></b>	<b>235.000 m<sup>2</sup></b>	<b>845.000 m<sup>2</sup></b>

Eins og greint er frá í kafla 2.2 eru gígar á og í nágrenni við virkjunarsvæðið. Einnig þekur hraun frá nútíma stóran hluta framkvæmdasvæðisins. Þessar jarðmyndanir njóta verndar samkvæmt 37. grein

laga nr. 44/1999 um náttúruvernd. Þar sem nútímahraun þekja mikinn hluta framkvæmdasvæðisins munu þau óhjákvæmilega raskast. Á það við um lagnir, borteiga og vegi á Hellisheiðarhraunum á efra virkjunarsvæði. Ferskvatnslögn frá vatnsbólum að stöðvarhúsi liggur að hluta í Svínahrauni sem er um 5.400 ára gamalt. Fyrirhuguð niðurrennsliðslögn að niðurrennsliðssvæði við Lambafellshnúk verður að mestu leyti í 2.000 ára gömlu Hellisheiðarhrauni D. Hluti leiðarinnar liggur um Svínahraunsbruna sem er frá árinu 1000. Á þeim kafla mun Svínahraunsbruna ekki verða raskað þar sem núverandi vegi verður fylgt. Á fyrri hluta leiðar hitaveituaðar til Reykjavíkur liggur hún yfir 2.000 ára gamalt Hellisheiðarhraun og verður lögnin meðfram gamla þjóðvegnum. Borað hefur verið nærri gígaröðum á efra virkjunarsvæðinu á Hellisheiði. Einnig hefur farið fram efnistaka í stærstu gígunum. Ákveðið hefur verið að hrófla ekki við gígaröðum sem enn eru ósnortnar í norðurgígum D-hraunsins og suðurgígum B/C-hraunsins sjá mynd 39 og teikningu 1.



Mynd 39. Sérstæðar jarðmyndanir í nágrenni fyrirhugaðrar virkjunar á Hellisheiði.

Á suður- og suðvesturhluta Hengilssvæðisins hefur landi þegar verið raskað töluvert með vegagerð, efnistöku, framkvæmdum á skíðasvæðum og háspennulínunum. Telja verður að landslagsgildi þessa hluta Hengilssvæðisins hafi rýrnað svo mikið að ný mannvirki muni ekki hafa jafnmikil áhrif á gildi svæðisins og ef um væri að ræða óraskað svæði.

Efnistaka á námusvæði í vestanverðu Hamragili mun breyta jarðmyndunum og landslagi. Svæðið er í námunda við skíðasvæði þar sem land er þegar töluvert raskað. Með landmótun samhliða efnistöku, góðu skipulagi og vönduðum frágangi er talið að varanleg breyting verði ekki áberandi.



### 5.9.2 Mótvegisaðgerðir

Við staðsetningu mannvirkja tengdum virkjuninni verður sneitt hjá sérstæðum jarðmyndunum eins og kostur er og haft í huga að jarðrask verði sem minnst á framkvæmdasvæðinu. Þetta hefur verið stefna Orkuveitu Reykjavíkur frá því rannsóknaboranir hófust á svæðinu sumarið 2001. Með því að hafa fleiri en eina borholu á borteig og fella safnæðar að fyrirbyggjandi vegslóðum þá fækkar lögnum og jarðrask minnkar. Ráðgert er að nota þá vegslóða sem fyrir eru þar sem það er mögulegt. Vegir meðfram lögnum og slóðar sem ekki verða nýttir að framkvæmdum loknum verða afmáðir og græddir upp til samræmis við grenndargróður.

Skilgreind verða verndarsvæði um myndanir sem ekki verður hróflað við. Þetta eru suðurgígarnir í B/C-hrauninu, norðurgígarnir í D-hrauninu, misgengi neðan við Hellisskarð, brennisteinshverir í hvilft vestan í Skarðsmýrarfjalli og Dauðadalur. Sjá má afstöðu mannvirkja með tilliti til verndarsvæða á teikningum 1 og 2.

Uppgröftur sem ekki nýtist við framkvæmdirnar verður losaður í gamlar námur á svæðinu. Á neðra svæðinu er fyrirhugað að dýpka gamla námu á námusvæði A7 sem er á framburðarsléttu í Hamragili (myndir 22 og 24). Náman verður síðar fyllt af uppgreftri og umhverfið lagað og snyrt. Á efra svæðinu er áformað að nota uppgroft sem ekki nýtist á annan hátt til þess að fylla, móta og snyrta gamlar námur við Gígahnúk.

### 5.9.3 Niðurstöður

Byggingar, borstæði, lagnir, vegir og námur eru þeir þættir sem munu hafa áhrif á jarðmyndanir og landslag á framkvæmdasvæðinu. Hraun frá nútíma munu óhjákvæmilega raskast vegna framkvæmdanna en á þeim hefur einnig orðið töluverð röskun m.a. vegna efnistöku og vegagerðar á svæðinu. Sérstæðum jarðmyndunum sem gerð hefur verið grein fyrir hér að framan verður hlífð við hvers konar raski og verða þær ekki fyrir beinum áhrifum vegna framkvæmdanna.

Samkvæmt kosti I raskast um 825.000 m<sup>2</sup>. Þar af fara um 590.000 m<sup>2</sup> undir mannvirki, en 235.000 m<sup>2</sup> raskast við framkvæmdina. Í kosti II raskast um 845.000 m<sup>2</sup>. Þar af fara um 610.000 m<sup>2</sup> undir mannvirki, en 225.000 m<sup>2</sup> raskast við framkvæmdina.

Þeir hlutar virkjunarsvæðisins sem eru nú óraskaðir en munu lenda undir mannvirkjum eru samkvæmt kosti I byggingarreitur á völlum við Kolviðarhól, vegstæði nýs vegar í hrauni inn á efra virkjunarsvæðið, svæði undir vegslóða með ferskvatnslögn og hitaveituæð og niðurrenslissvæði í Þrengslum. Sömu svæði lenda undir mannvirkjum í kosti II en við það bætist byggingarreitur við Gígahnúk.

Gildi landslags er ekki metið hátt á þeim hluta Hengilssvæðisins þar sem reisa á virkjunina. Svæðið er þegar töluvert raskað og er ekki talið að framkvæmdin muni rýra landslagsgildi svæðisins mikið.

Þar sem byggingar, borteigar, lagnir og vegir eru í nútímahrauni skerða mannvirkin jarðmyndanir sem njóta verndar sem nemur þeirri röskun sem framkvæmdin hefur í för með sér. Má þar nefna veg inn á efra virkjunarsvæðið og byggingar samkvæmt kosti II, ferskvatnslögn frá vatnsbóli virkjunarinnar við Húsmúla og þann hluta hitaveituæðar frá Hellisheiði til Reykjavíkur sem liggur um Svínahraun.

Með þeim mótvegisaðgerðum sem fyrirhugaðar eru verður áhrifum framkvæmdarinnar á umhverfið haldið í lágmarki.

## 5.10 Menningarminjar

Fornleifar á afrétti Ölfushrepps voru skráðar af Fornleifastofnun Íslands (Orri Vésteinsson 1998). Skráðir voru 64 staðir á svæðinu öllu. Flestar þessar minjar tengjast samgöngum. Sem dæmi má nefna fornar leiðir, gamla veghleðslu í Svínahrauni sunnan Húsmúla, rústir sæluhúsa við Draugatjörn og Kolviðarhól, réttir og túngarða. Í skýrslu Fornleifastofnunar kemur fram að forn þjóðleið milli Suðurlands og Reykjavíkur liggur upp Hellisskarð og svo önnur leið „Milli hrauns og hlíðar“ undir

Skarðsmýrarfjöllum. Þarna liggur nú bílvegur og fáar vörður eru þar og hvergi samfelldar. Einnig kemur fram að í nágrenni Gígahnúks eru „Hellurnar“, sem er nafn á fornri leið sem liggur í austur frá Hellsiskarði þvert um Helluhraun. Hellurnar og Hellukofi á þessari leið eru friðlýstar fornleifar. Gatan er nokkuð greinileg á köflum, einkum austan við Gígahnúk og næst Suðurlandsvegi. Fleiri þekktar leiðir eru um svæðið svo sem Þrengslavegur og Lágaskarðsvegur. Getið er um einn minjastað í Sleggjubainsdal og er það áningarstaður leitarmanna, sem talið er líklegt að hafi verið á sléttum grundum norðan við Kolviðarhól.

Fornleifastofnun Íslands gerði fornleifakönnun á Hellsheiði í júlí 2003 vegna mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellsheiði (Adolf Friðriksson og Uggi Ævarsson, 2003) og í október 2003 (Birna Lárusdóttir og Sædís Gunnarsdóttir, 2003) vegna framkvæmda við hitaveituæð. Á framkvæmdasvæðinu hefur verið tekið tillit til skráðra fornleifa við staðsetningu borsvæða, vega, safnæða, aðveituæða, ferskvatnsæðar, niðurrennsliæðar, hitaveituæðar, bygginga og námu (myndir 13 og 14). Jafnframt verður á framkvæmdatíma haft samráð við fornleifafræðing eins og gert hefur verið fram að þessu, m.a. vegna rannsóknaborana. Vettvangsathugun á virkjunarsvæðinu tók mið af fyrirliggjandi svæðisskráningu og aðalskráningu Fornleifastofnunar Íslands á svæðinu og öðrum athugunum. Vegna framkvæmda við hitaveituæð var miðað við að skrá staði sem voru innan 50 m frá henni til hvorrar áttar, en stundum er vikið frá þeirri reglu. Við skráning fornleifa var gert hættumat. Hættustig eru þrjú: 1) Stórhætta, 2) hætta og 3) engin hætta. Fornleif er metin í stórhættu ef miklar líkur eru á að hún eyðileggist eða hverfi vegna framkvæmda. Fornleifar sem eru 50 m eða minna frá fyrirhuguðu framkvæmdasvæði eru metnar í hættu, enda þarf að fara með gát í námunda við þær. Séu fornleifar lengra frá þungamiðju framkvæmda teljast þær ekki í hættu nema til komi breytt skipulag.

### 5.10.1 Áhrif framkvæmdar

Áhrif kosta I og II á menningarminjar eru þau sömu.

#### **VirkJunarsvæði**

Samkvæmt vettvangsathuguninni eru engar sýnilegar minjar í hættu á neðra virkjunarsvæði, byggingarsvæðið er fyrir utan túnstæði Kolviðarhóls. Jafnframt eru engar sýnilegar minjar í hættu í Hellsiskarði eða við Gígahnúk. Bent var á að fyrirhuguð lagnaleið á efra virkjunarsvæði lægi þvert yfir Hellsheiðarveg hinn forna og að á þessu svæði væri leiðin vörðuð. Tekið verður tillit til þessa og verður leiðinni ekki lokað og vörðurnar varðveittar.

#### **Hitaveituæð**

Alls voru skráðar 10 fornleifar í námunda við fyrirhugaða hitaveituæð.

- Þótt flestar fornleifanna, eða 7 talsins, séu skráðar í hættu eru þær ekki í þungamiðju framkvæmdanna og ætti að vera auðvelt að sneiða hjá þeim. Þó er nauðsynlegt að framkvæmdaaðilar kynni sér staðsetningu fornleifanna og ætti að vera auðvelt að merkja þær, t.d. með flöggum.
- Varða GK-256:036 um 50 m sunnan við Sogslínu 2, er hér um bil í nýja lagnarstæðinu. Hún telst því í stórhættu.
- Tvær fornleifar eru um 100 m frá fyrirhuguðu lagnarstæði og teljast því ekki í hættu.

Helstu tegundir minjastaða sem skráðir voru eru á þessa leið: Vörður (4), tóft (1), gamlar götur (2), býli (1), áningastaður (1), herminjar (1).

Vörðurnar eru allar á austasta hluta svæðisins, milli Lyklafells og brúnarinnar austan Sólheimakots, allar skammt frá háspennulínunum, Sogslínu 2, Búrfellslínu 2 og í einu tilviki Búrfellslínu 3A (GK-256:037). Hlutverk einnar þeirra er óljóst en þrjár þeirra hafa greinilega verið vegvísar á sömu leið en um aldir lágu leiðir manna um Hellsheiði, milli Kjalarnesþings og vesturhluta Árnessýslu og er mikilvægt að varðveita slíkar fornar samgönguminjar. Þó ólíklegt sé að nokkrar minjar séu um Sólheimakot á framkvæmdasvæðinu er rétt að ítreka að farið verði með gát við framkvæmdir þar.



### 5.10.2 Mótvægisáðgerðir

Framkvæmdum verður hagað þannig að aðveituæð og lagnir á efra virkjunarsvæði loki ekki Hellisheiðarvegi hinum forna eða spilli vörðum á honum. Einnig verður leitast við að hlífa vörðu GK-256:036 á áhrifasvæði hitaveituæðar eða fá leyfi til að flytja hana ef þess gerist þörf, en samkvæmt 10. grein Þjóðminjalaga eru allar fornleifar á Íslandi friðhelgar: „Fornleifum má enginn, hvorki landeigandi, ábúandi né nokkur annar, spilla, granda né breyta, ekki heldur hylja þær, laga né aflaga né úr stað flytja nema með leyfi Fornleifaverndar ríkisins.“ Ef óþekktar fornleifar finnast við framkvæmdina verður skv. 13 gr. Þjóðminjalaga nr. 107/2001 haft samráð við Fornleifavernd ríkisins um framhald verksins.

### 5.10.3 Niðurstöður

Framkvæmdin er ekki talin hafa áhrif á þekktar menningarminjar á virkjunarsvæðinu. Samkvæmt vettvangskönnun eru engar sýnilegar minjar þar í hættu. Varða GK-256:036 um 50 m sunnan við Sogslínu 2, er hér um bil á lagnaleið hitaveituæðar. Talið er að sneiða megi hjá öðrum þekktum fornminjum við framkvæmdina. Með þeim mótvægisáðgerðum sem fyrirhugaðar eru mun framkvæmdin hafa lítil áhrif á fornleifar.

## 5.11 Sjónræn áhrif

Ný jarðvarmavirkjun á Hellisheiði hefur sjónræn áhrif og eru eftirfarandi þættir framkvæmdarinnar helst taldir hafa slík áhrif:

- Byggingar
- Lagnir
- Borteigar
- Borun og prófun vinnsluholna
- Vegir
- Efnistaka og frágangur náma

### 5.11.1 Áhrif framkvæmdar

#### Byggingar

Helstu byggingar virkjunarinnar eru: Stöðvarhús sem hýsir m.a. rafstöð og varmastöð, skiljustöð, lokahús og gufuháfar, kæliturnar og ýmsar þjónustubyggingar.

Stöðvarhús, kæliturn og þjónustubyggingar verða samkvæmt kosti I reist neðan Hellisskarðs á flötunum við Kolviðarhól. Skiljustöðvar verða á ofan Hellisskarðs og vestan Þverfells. Mannvirki á neðra svæði munu sjást vel af Suðurlandsvegi í Svínahrauni (myndir 40 og 41), Hamragilsvegi og göngu- og reiðleiðum í nágrenni virkjunarsvæðisins (myndir 42 og 43).

Samkvæmt kosti II verður byggt stöðvarhús á efra virkjunarsvæðinu, suðaustan við Gígahnúk, ásamt kæliturni, skiljustöð, lokahúsi og gufuháfi. Byggingar við Gígahnúk munu sjást vel frá Suðurlandsvegi á Hellisheiði, sjá myndir 44 og 45. Samkvæmt þessum kosti verða stöðvarhús og kæliturn virkjunarinnar minni við Kolviðarhól, sjá myndir 46 og 47.



**Mynd 40.** Tölvugerð mynd, horft í átt að Kolviðarhóli af nýrri veglínu í Svínahrauni. Þverfell fyrir miðri mynd, Hamragil til vinstri við það og Hellisskarð hægra megin.



**Mynd 41.** Tölvugerð mynd, virkjun við Kolviðarhól horft til austurs af nýrri veglínu í Svínahrauni (Kostur I). Aðveituaðar liggja niður Hellisskarð og frá skiljustöðvum, ofan skarðsins og vestan Þverfells, að stöðvarhúsi. Við hlið þess sjást þrjár einingar kæliturns og þrjár gufuháfar.

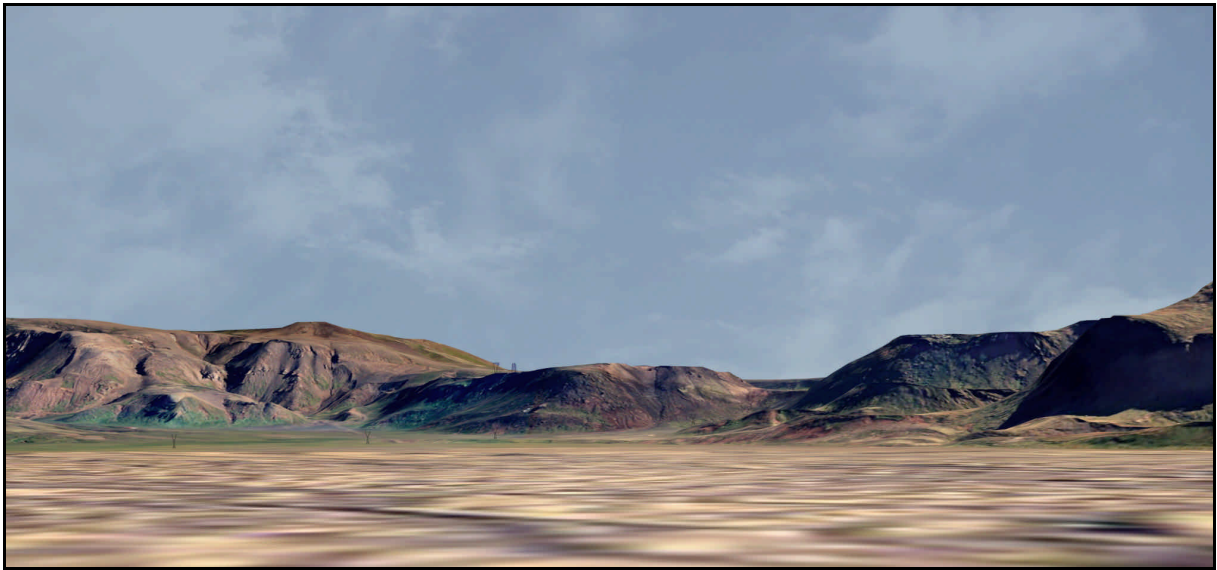


**Mynd 42.** Tölvugerð mynd, horft til austurs upp Hellisskarð af gamla þjóðveginum vestan Kolviðarhóls. Vestan skarðsins er Þverfell en Stóra-Reykjafell austan þess. Einnig sést inn í Dauðadal.



**Mynd 43.** Tölvugerð mynd, virkjun horft til austurs frá gamla þjóðveginum vestan Kolviðarhóls (kostur I). Aðveituæðar liggja niður Hellisskarð og frá skiljustöðvum, ofan skarðsins og vestan Þverfells, að stöðvarhúsi. Við hlið þess sjást lokahús, þrjár einingar kæliturns og þrjár gufuháfar. Einnig er sýnd veltenging milli efra og neðra virkjunarsvæðis í Hellisskarði.

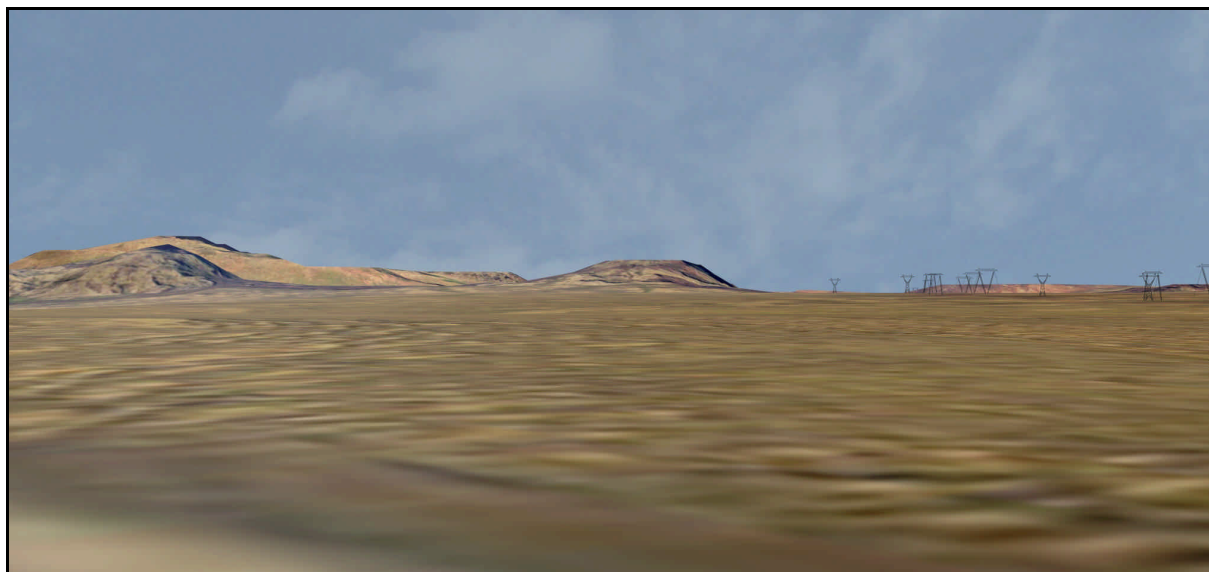




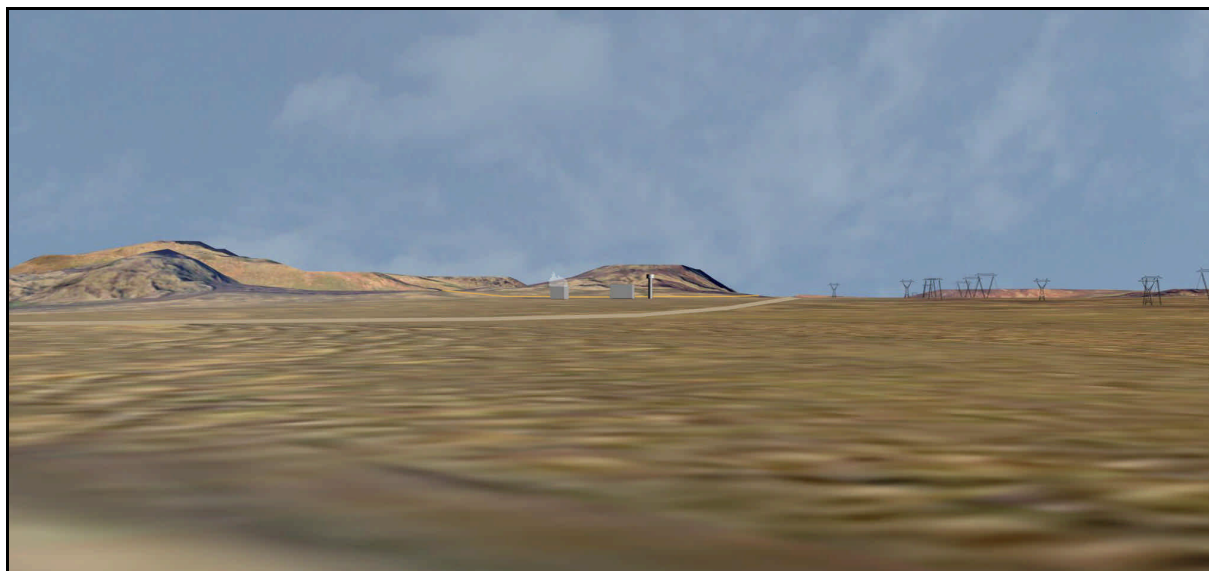
**Mynd 44.** Tölvugerð mynd, horft í átt að Kolviðarhóli af nýrri veglínu í Svínahrauni. Þverfell fyrir miðri mynd, Hamragil til vinstri við það og Hellisskarð hægra megin.



**Mynd 45** Tölvugerð mynd, virkjun við Kolviðarhól horft til austurs af nýrri veglínu í Svínahrauni (Kostur II). Aðveituaðar liggja niður Hellisskarð og frá skiljustöðvum, ofan skarðsins og vestan Þverfells, að stöðvarhúsi. Við hlið þess sjást 2 einingar kæliturns og 2 gufuháfar.



**Mynd 46.** Tölvugerð mynd, horft til norðvestur í átt til Gígahnúks af Suðurlandsvegi á Hellisheiði. Til vinstri ber hæst Stóra-Reykjafell, Gíghnúkur er fyrir miðju og lengst til hægri sést í Þverfell.



**Mynd 47.** Tölvugerð mynd af virkjun við Gígahnúk horft til norðurs af Suðurlandsvegi (Kostur II). Framan við byggingarnar, þ.e. kæliturn, stöðvarhús og gufuháf sést nýr vegur inn á efra virkjunarsvæðið.

Gufa frá gufuháfum og kæliturnum beggja kosta getur verið áberandi í umhverfinu. Það fer eftir aðstæðum og veðri hvort og hve mikla gufu leggur frá virkjuninni og hversu víða hún sést. Í góðu skyggni og lygnu veðri munu gufubólstrar sjást langt að svo sem í Ölfusi og á höfuðborgarsvæðinu.

### Lagnir

Fimm gerðir af lögnum verða á virkjunarsvæðinu: Safnæðar frá borholum, aðveituæðar frá skiljustöð að stöðvarhúsi, ferskvatnslögn frá vatnsbóli virkjunarinnar við Húsmúla, niðurrennslislögn frá stöðvarhúsi að niðurrennslistsvæði í Þrengslum og hitaveituæð frá virkjuninni að miðlunargeymum Orkuveitu Reykjavíkur á Reynisvatnsheiði, sjá teikningar 1 og 2. Safnæðar og aðveituæðar sem verða lagðar á yfirborði eru taldar hafa meiri sjónræn áhrif en ferskvatnslögnin frá vatnsbóli virkjunarinnar og hitaveituæðin til Reykjavíkur sem áformað er að verði niðurgrafnar. Sjónræn áhrif af niðurgröfnum lögnum eru fyrst og fremst tímabundin meðan á framkvæmdum stendur. Þjónustuvegir meðfram lögnum verða sýnilegir þar sem þeir verða ekki afmáðir eða græddir upp, sjá umfjöllun um vegi síðar í þessum kafla.

Leggja þarf safnæð frá hverri vinnsluhölu virkjunarinnar að safnæðastofni sem liggur að skiljustöð. Þessar lagnir verða allar á yfirborði og verða nokkuð áberandi þar sem þær kvíslast um virkjunarsvæðið. Fyrirhugaðar aðveituæðar virkjunarinnar mun liggja frá skiljustöð í Hellisskarði niður skarðið og frá skiljustöð vestan Þverfells að stöðvarhúsi við Kolviðarhól, sjá mynd 41.

Varanleg sjónræn áhrif af völdum niðurgrafinnar ferskvatnslagnar verða lítil. Vegur verður lagður sömu leið frá vatnsbólinu að stöðvarhúsi og verður lögnin meðfram veginum. Niðurrennslislögnin verður meðfram vegum og slóðum (myndir 48, 49 og 50). Hitaveituæð til höfuðborgarinnar verður niðurgrafin og getur haft sjónræn áhrif vegna jarðrasks. Að framkvæmdum loknum verður lögnin ekki sjáanleg og yfirborð jafnað, lagað að umhverfi og grætt upp þar sem það á við.



Mynd 48. Leið niðurrennslistæðar horft til norðvesturs úr Hveradalabrekku.





Mynd 49. Niðurrennissvæði við Lambafellshnúk og lagnaleið yfir Svínahraun horft til austurs.



Mynd 50. Horft til norðurs yfir niðurrennissvæði og lagnaleið í Þrengslum.

### Borholur

Á borsvæðum verður jarðrask sem nemur grunnfleti borteiga. Á flatlendi verða sjónræn áhrif borteiga lítil. Þar sem halli er mikill getur boraðar verið áberandi í landinu vegna meiri skeringa og fyllinga (mynd 51).

Boraðar hafa verið 8 rannsóknaholur og verða þær nýttar sem vinnsluholur reynist það hagkvæmt. Á næstu tveimur árum verða boraðar 10 holur fyrir 80 MW rafstöð og 266 MW varmastöð. Um tveimur árum fyrir gangsetningu 40 MW rafstöðvar árið 2012 er áætlað að bora þurfi 8 vinnsluholur til

viðbótar. Gert er ráð fyrir að eftir það þurfi að bora 1 holu á 5 ára fresti. Alls verða boraðar um 32 borholur fyrir 120 MW rafmagnsframleiðslu á 30 árum. Borun hverrar holu tekur 1 til 2 mánuði. Hver hola er blástursprófuð í 3 til 6 mánuði eftir að henni er hleypt upp. Næstu tvö ár má því búast við að borun eða blástursprófun verði í gangi einhvers staðar á virkjunarsvæðinu. Ekki er hægt að bora nýja holu á borteig þar sem borhola er í blæstri. Því má gera ráð fyrir að blásturstími verði hafður stuttur til að greiða fyrir því að bora megi fleiri holur á sama teignum. Það er ekki gert ráð fyrir að allar holur verði blástursprófaðar samtímis.

Sjónræn áhrif borana á framkvæmdatíma verða nokkur. Gufa frá blásandi borholum getur verið nokkuð áberandi einkum á framkvæmdatíma. Eftir gangsetningu virkjunar minnkar gufuútblastur þegar borholur verða tengdar við gufuveitu. Þó má gera ráð fyrir að það komi fyrir að vinnsluholur verði láttnar blása á rekstrartíma (mynd 51).



Mynd 51. Næst er hola HE-4 blásandi á Hellisheiði, þá borun við HE-7 og prófun HE-3 fjærst.

### Vegir og slóðar

Nokkur sjónræn áhrif verða af vegagerð á virkjunarsvæðinu. Fyrirhugaður vegur af Suðurlandsvegi inn á efra virkjunarsvæðið á Hellisheiði verður í öröskuðu hrauni sunnan Gígahnúks, sjá mynd 47 og teikningu 2.

Leggja þarf vegslóða meðfram safnæðum og að borteigum þegar staðsetning þeirra fellur ekki að þeim vegum sem fyrir eru. Fyrirhugað er að lagfæra vegslóða sem fyrir er í norðanverðu Hellisskarði og nýta sem veltengingu milli efra og neðra virkjunarsvæðis. Þjónustuvegur verður meðfram hitaveituæð frá virkjun til Reykjavíkur.

### Efnistaka og frágangur

Efnistaka við skíðasvæði ÍR í Hamragili mun breyta ásýnd þess. Náman verður opin allan framkvæmdatímann og verða sjónræn áhrif námuvinnslunnar meiri meðan á efnistöku stendur en eftir að henni lýkur. Náman er það langt inni í Hamragili að hún mun ekki verða áberandi og sést helst af skíðasvæðinu, sjá mynd 23. Hafa ber í huga að svæðið er þegar talsvert raskað. Þar eru lyftur, skálar og mótaðar skíðabrekkur. Efnistaka og losun uppgrafter á framburðarsléttu í Hamragili (mynd 24) mun



verða sýnileg á framkvæmdatíma. Að loknum framkvæmdum verður svæðinu lokað og yfirborð lagað að landi og grætt upp ef við á. Varanleg áhrif efnistöku verða lítil.

### 5.11.2 Mótægisaðgerðir

#### Byggingar

Tekið verður tillit til umhverfisins við útlitshönnun mannvirkja á svæðinu og á það jafnt við um byggingar, lagnir sem og önnur mannvirki.

#### Lagnir

Safnæðar, safnæðastofnar, aðveituæðar og niðurrennslisæð verða lagðar á yfirborði. Með því að hafa fleiri en eina borholu á borteig þá fækkar safnæðum og jarðrask minnkar. Einnig verða margar pípur lagðar samhliða, þar sem því verður við komið. Má þar nefna aðveituæðar í Hellisskarði og safnæðastofna á efra virkjunarsvæði. Ferskvatnslögn frá vatnsbóli vestan Húsmúla og hitaveituæð að miðlunargeymum á Reynisvatnsheiði verða niðurgrafnar og lagðar meðfram nýjum eða núverandi vegum. Yfirborð lagnaskurða verður jafnað og grætt upp þar sem það á við.

#### Borholur og safnæðar

Stefnt er að því að hafa fleiri en eina borholu á borteigum og að halda fjölda borteiga í lágmarki. Þannig minnkar jarðrask og dregur úr sjónrænum áhrifum borstæða.

#### Vegir

Ráðgert er að nota þá vegslóða sem fyrir eru og fella nýja eins vel að landi og hægt er. Nýr vegur inn á efra virkjunarsvæðið verður lagaður að landinu og hrauninu raskað eins lítið og hægt er. Vegir meðfram lögnum og slóðar sem ekki verða nýttir að framkvæmdum loknum verða afmáðir og græddir upp til samræmis við grenndargróður.

#### Efnistaka og frágangur

Efnistökuastaður inni í Hamragili er valinn þannig að hann verði ekki áberandi í landslaginu. Námu­svæðið verður fellt að umhverfinu að loknum framkvæmdum. Gamlar námur framan Hamragils og á efra virkjunarsvæðinu verða fylltar með uppgreftri og lagaðar að umhverfinu samhliða og að loknum framkvæmdum. Varanleg áhrif á gamlar námur verða því jákvæð. Með þessu móti verða varanleg sjónræn áhrif efnistöku lítil.

### 5.11.3 Niðurstöður

Umhverfi fyrirhugaðrar jarðvarmavirkjunar tekur nokkrum breytingum við framkvæmdina. Byggingar, svo sem stöðvarhús, kæliturnar og gufuháfar munu verða vel sýnileg. Einnig munu lagnir á yfirborði, borstæði í bratta og nýir vegir sjást. Þá mun gufa sem stígur upp af borholum í blæstri, gufuháfum og kæliturnum sjást víða að. Gufa frá blásandi borholum getur verið nokkuð áberandi á virkjunarsvæðinu á næstu tvö árin og aftur um tveimur árum fyrir gangsetningu 40 MW rafstöðvar árið 2012. Í flestum tilfellum verður um varanleg áhrif að ræða en í öðrum verða áhrifin í takmarkaðan tíma, t.d. þegar gufa stígur upp af blásandi borholum, við lagnaframkvæmdir og í námum á framkvæmdatíma. Sjónræn áhrif niðurgrafinna lagna er að mestu tímabundinn. Fyrirhugaðar mótægisaðgerðir munu draga úr áhrifum.

## 5.12 Hljóðvist

### 5.12.1 Áhrif framkvæmdar

Áhrif kosta I og II á hljóðvist verða sambærileg.

Á framkvæmdatíma eykst hljóðstig á virkjunarsvæðinu meðan borun og prófun stendur yfir en einnig vegna vinnuvéla á svæðinu. Þegar rekstur orkuversins fer í gang verða holur sem tengdar eru gufuveitu prófaðar og aflmældar árlega. Frá borholu í blæstri getur mælt hljóðstig verið nokkuð breytilegt og er það háð hlutfalli vatns og gufu í viðkomandi holu. Þegar hafa verið boraðar 8 holur á virkjunarsvæðinu.



Á næstu tveimur árum verða boraðar 10 holur og um tveimur árum fyrir gangsetningu 40 MW rafstöðvar árið 2012 er áætlað að bora þurfi 8 vinnsluholur til viðbótar. Eftir það þurfi að bora 1 holu á 5 ára fresti. Alls verða boraðar um 32 borholur fyrir 120 MW rafmagnsframleiðslu á næstu 30 árum. Borun hverrar holu tekur 1 til 2 mánuði og blástursprófun 3 til 6 mánuði. Næstu tvö ár er líklegt að borun eða blástursprófun verði í gangi einhvers staðar á virkjunarsvæðinu og að hljóðstig hækki í nágrenni við borteiga. Blásturstími verður hafður stuttur til að greiða fyrir því á bora megi fleiri holur á sama borteig. Má búast við að 3-4 holur blási samtímis eins og verið hefur undanfarin ár. Viðvarandi aukning á hljóðstigi tengt rekstri virkjunarinnar mun verða við lokahús í nágrenni stöðvarhússins, þar sem umframgufu verður veitt til lofts um stjórnloka og gufuháfa. Á Nesjavöllum hafa mælst 67 dB(A) um 60 m frá lokahúsi og gufuháfi (VGK, 2000).

Viðmiðunargildi fyrir hljóðstig í íbúðabyggð er 50 dB(A) að degi, 45 dB(A) að kvöldi og 40 dB(A) að næturlagi samkvæmt reglugerð nr. 993/1999 um hávaða. Einnig hefur verið sett viðmiðunargildi fyrir hljóðstig frá umferð á útivistarsvæðum í þéttbýli og er það 50 dB(A) en leiðbeiningargildi er 45 dB(A), en það er það hljóðstig sem ekki er talið æskilegt að farið sé yfir. Viðmiðunargildi utandyra fyrir iðnaðarsvæði er hins vegar 70 dB(A). Eins og greint er frá hér að framan hefur verið auglýst tillaga að nýju aðalskipulagi fyrir Sveitarfélagið Ölfus. Þar er skilgreint iðnaðarsvæði á fyrirhuguðu virkjunarsvæði Orkuveitunnar á Hellisheiði og niðurrennsliðssvæði í Þrengslum. Borholur verða innan þessara svæða.

Hljóðvist á svæðinu einkennist mjög af umferðarnið frá Suðurlandsvegi. Mælingar á hljóðstigi vegna framkvæmdanna hafa verið gerðar frá því fyrstu holurnar voru boraðar sumarið 2001 (VGK, 2003). Mælt var hljóðstig frá borvatnsdælu við Hengladalsá, bornum Jötni og borholum í blæstri. Hæstu gildin mældust við holur HE-3 og HE-6 en þau voru mjög sambærileg. Hóla HE-6 var mæld í júní 2003.

Útreikningar á hljóðdreifingu hafa verið gerðir til að meta hvenær hljóðstig frá viðkomandi hljóðgjöfum er komið niður fyrir 70 dB(A), sjá töflu 12. Er þá miðað við að hljóðið berist óhindrað frá hljóðgjafa að viðtakanda og ekki tekið tillit til þeirra umhverfisþátta sem geta haft verulega áhrif á hljóðdreifingu eins og tegund jarðvegs, gróðurþekja, veðurfar og mishæðótt landslag. Það er ljóst á samanburði milli reiknaðra og mældra gilda að umhverfisþættir á Hellisheiði hafa áhrif til lækkunar á hljóðstigi það sem útreikningar gefa hærri niðurstöður en í raun eru mældar.

Reiknað var út hljóðstig við íbúðabyggð næst framkvæmdasvæðinu við Geirland í Lækjarbotnum og Waldorf skólann við Hólmskraun sem eru í um 13,5 km fjarlægð frá framkvæmdasvæðinu. Ekki reyndist unnt að mæla áhrif framkvæmda Orkuveitunnar á heiðinni á hljóðvist við þessa staði vegna umhverfishljóða. Reiknað hljóðstig í þessari fjarlægð frá svæðinu er 7 dB(A).

Tafla 12. Reiknað hljóðstig út frá hljóðgjöfum.

Hljóðgjafi	Fjarlægð milli hljóðgjafa og mælis (m)	dB(A) mælt	70 dB(A) radíus (m)	50 dB(A) radíus (m)
Borhola í blæstri	10	90	95	950
Bor	10	87	67	750
Bordælur	2	87	14	150

Fyrirtæki í ferðþjónustu hefur boðið upp á reiðtúra sem liggja yfir framkvæmdasvæðið á Hellisheiði. Í samtölum við þessa aðila kom fram að þeir litu ekki á blásandi borholur nærri reiðleiðum sem vandamál.

### 5.12.2 Mótvægisáðgerðir

Við borun á Hellisheiði verða settir upp hljóðdeyfar við hverja holu líkt og gert hefur verið fram til þessa og holur látnar blása gegnum þá til minnka hljóðstig eins og kostur er. Án hljóðdeyfa má búast við að hljóðstig frá borholu í blæstri sé um 130 dB(A) en mældist um 90 dB(A) í 10 m fjarlægð frá blásandi borholu á Hellisheiði, sjá töflu 12.

### 5.12.3 Niðurstöður

Við borun og prófun getur hljóðstig á borteig farið yfir viðmiðunarmörk á iðnaðarsvæði. Hljóðstigs mun einkum hækka á framkvæmdatíma þegar 10 holur verða boraðar og pófaðar á næstu tveimur árum. Einnig þegar 8 holur til viðbótar verða boraðar um tveimur árum fyrir gangsetningu 40 MW rafstöðvar, sem er áætluð árið 2012. Má þá búast við að 3-4 holur blási samtímis eins og verið hefur undanfarin ár. Á rekstrartíma hækkar hljóðstig í nágrenni við stöðvarhúsið, einkum við lokahús og gufuháfa virkjunarinnar.

Ekki er talin þörf á til að grípa til annarra aðgerða til að minnka hljóðstig á göngu- og reiðleiðum sem liggja um svæðið en uppsetningar hljóðdeyfa.

Framkvæmdir við virkjun á Hellisheiði eru sambærilegar við þær framkvæmdir sem átt hafa sér stað á Nesjavöllum undanfarin ár. Þar hefur virkjunin í á annan áratug starfað í sátt við umhverfið á svæði þar sem umtalsverð útivist er stunduð.

## 5.13 Byggð og íbúapróun

### 5.13.1 Áhrif framkvæmdar

Áhrif kosta I og II á byggð og íbúapróun verða sambærileg.

Samkvæmt fyrirliggjandi áætlunum munu framkvæmdir vegna virkunar á Hellisheiði standa yfir næstu 12-15 árin. Framkvæmdirnar verða boðnar út. Áhrif þeirra í sveitarfélaginu munu fara talsvert eftir niðurstöðum útboða og framboði vinnuafis á framkvæmdatíma. Gert er ráð fyrir að fjöldi starfsmanna verktaka við framkvæmdirnar verði nokkuð mismunandi, en mest um 100 auk eftirlitsmanna verkkaupa. Ekki er gert ráð fyrir að gistaðstaða verði fyrir starfsmenn á verkstað, en væntanlega verður mötuneytisaðstaða á staðnum eða samið við fyrirtæki um veitingaarekstur.

Gert er ráð fyrir að framleiðslu virkunar á Hellisheiði verði stýrt frá stjórnstöð Orkuveitu Reykja víkur í Reykjavík. Hvorki verður föst búseta né viðvera allan sólarhringinn við virkjunina.

### 5.13.2 Niðurstöður

Framkvæmdir við virkjun á Hellisheiði munu standa næstu 12-15 ár og verða boðnar út. Áhrif á atvinnuástand og þar með byggð og íbúapróun í sveitarfélaginu eru talin verða lítil.

## 5.14 Ferðaþjónusta og útivist

### 5.14.1 Almennt

Orkuveita Reykjavíkur og áður Hitaveita Reykjavíkur hefur á ýmsan hátt stuðlað að bættri aðstöðu fyrir ferðafólk á Hengilssvæðinu. Styrkt var útgáfa bókar um gönguleiðir, staðhætti, og jarðfræði Hengilssvæðisins 1996 og gefið út kort með gönguleiðum á svæðinu 1997. Frá árinu 1989 hefur verið gert verulegt átak í uppgræðslu og skógrækt á jörðum Reykjavíkur í Grafningi. Meira en 140 km af gönguleiðum hafa verið merktar með stikum og vegprestum. Á sjö stöðum á Hengilssvæðinu hafa verið gerð bílastæði þar sem hentugt er að hefja gönguferðir. Á þessum stöðum eru upplýsingatöflur með uppdráttum sem sýna gönguleiðir og fjarlægðir á milli staða. Á fræðsluleiðum er komið fyrir upplýsingum um náttúrufar, sögu og jarðfræði. Reiðleið meðfram Grafningsvegi hefur verið stikuð og sett upp aðhöld fyrir hross á tveimur stöðum meðfram leiðinni. Þá hefur Orkuveitan sett upp gönguskála í Engidal vestan Hengilsins og í Reykjadal suðaustan Hengilsins.

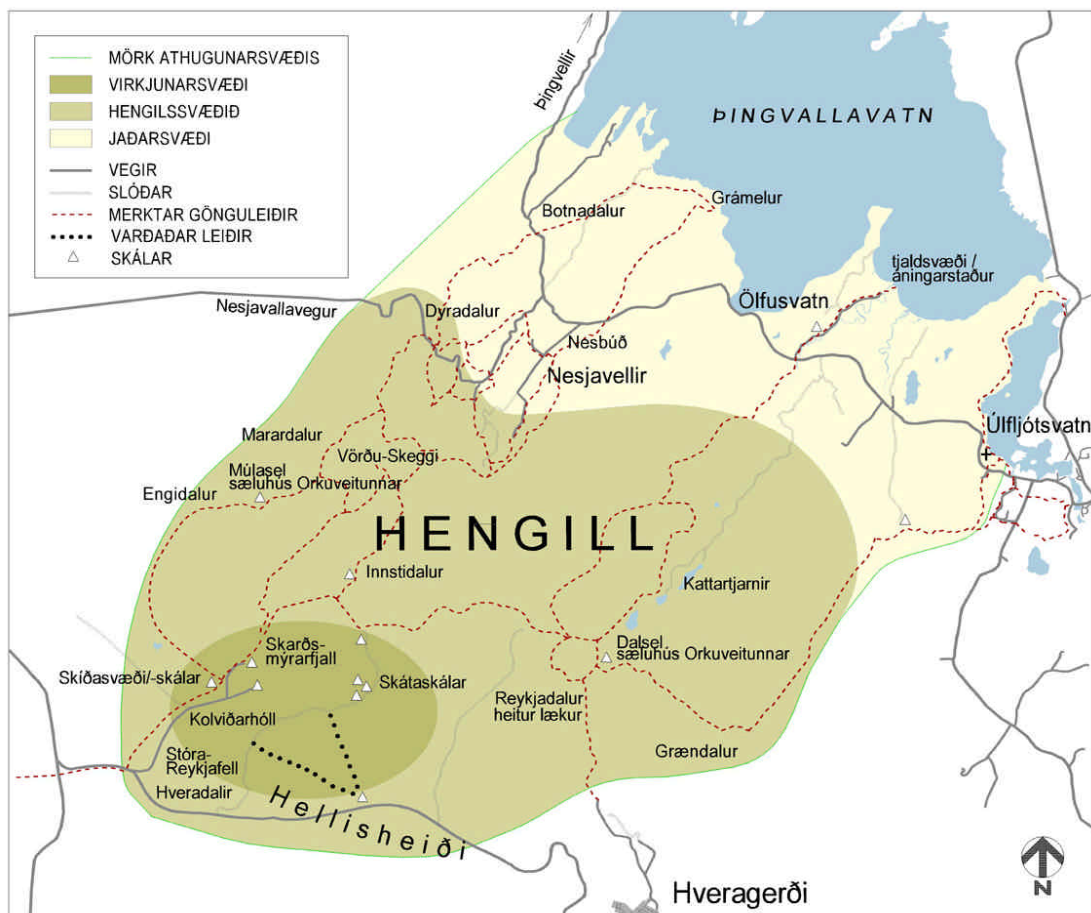
Á vegum Orkuveitu Reykjavíkur var haldinn fundur í janúar 2002 með ferðaþjónustuaðilum og fulltrúum skíðafélaga á Hengilssvæðinu um ferðamennsku á Hellisheiði og Nesjavöllum. Þar kom fram að þessir aðilar eru almennt jákvæðir gagnvart virkjun á Hellisheiði. Einnig kom fram að skíðafélögin vonast til að geta starfað áfram á Hengilssvæðinu við hlið virkunar.

Framkvæmdin og hugsanleg áhrif hennar hafa einnig verið kynnt skíðadeildum ÍR og Víkings sem eru með starfsemi í Hamragili og Sleggjubeinsdal.

Skíðadeild Víkings telur að starfsemi deildarinnar í Sleggjubeinsdal og virkjun á Hellisheiði ættu að geta samnýtt hagsmunum hvors annars, þannig að útivist og jarðhitavinnsla geti farið saman.

Skíðadeild ÍR telur að virkjun á Hellisheiði muni ekki hafa mikil áhrif á íþróttarsvæði deildarinnar í Hamragili. Óskað var eftir að haft verði samráð við ÍR til að efnistaka falli sem best að þeirri starfsemi sem nú þegar er á svæðinu. Einnig að viðeigandi varúðarráðstafanir verði gerðar í kringum þær borholur sem næstar eru skíðasvæðinu.

Eftirfarandi kafli er byggður á fjórum könnunum sem Rögnvaldur Guðmundsson (2003) ferðamálafræðingur hjá fyrirtækinu Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar gerði árin 2001 og 2002. Könnuð voru viðhorf ferðamanna og ferðaþjónustuaðila á Hengilssvæðinu, svæðinu frá Mosfellsheiði og Suðurlandsvegi að Þingvallavatni, austur að Úlfjótuvatni og að Hveragerði (mynd 52).



Mynd 52 Athugunarsvæði ferðamálaökönnunar (Landmótun).

Byggt er á eftirtöldum könnunum:

- Símakönnun – könnun meðal almennings 18-75 ára í nóvember 2001. Úrtak 1100 manns, af þeim náðist til 1056 og svöruðu 761. Nettósvörun 72,3%.
- Nesjavallakönnun – vettvangskönnun meðal gesta á Nesjavöllum síðsumars og haust 2001. Svör 226, þar af 163 Íslendingar og 63 erlendir ferðamenn.
- Höfuðborgarsvæðið – vettvangskönnun meðal fólks á höfuðborgarsvæðinu veturinn 2001-2002. Svör 691.



- Vetrarkönnun – vettvangskönnun meðal útivistarfólks á Hellisheiði í mars og apríl 2002. Svör 237.

Niðurstöður þessara kannana benda til þess að 120 MW virkjun á Hellisheiði muni ekki hafa veruleg neikvæð áhrif á útivist og ferðapjónustu á Hellisheiði og Hengilssvæðinu.

### 5.14.2 Áhrif framkvæmdar

Áhrif kosta I og II á ferðapjónustu og útivist verða sambærileg.

#### Símakönnun

Könnuð voru áhrif virkjunar á upplifun af svæðinu og tíðni heimsókna þangað.

Af þeim sem tóku afstöðu töldu 67% að virkjunin myndi ekki hafa áhrif á upplifun þeirra af svæðinu en 33% álitu að svo yrði. Þeir sem töldu að virkjunin hefði áhrif á sig voru inntir eftir því hver þau áhrif yrðu. Af þeim sem svöruðu nefndu 57% að áhrifin yrðu jákvæð (14% af heild) en 18% að þau yrðu neikvæð (5% af heild). Af þeim sem tóku afstöðu til heimsóknartíðni töldu 68% að þeir kæmu jafn oft, 27% að þeir kæmu oftar en 5% að þeir kæmu sjaldnar. Samkvæmt þessum niðurstöðum mun virkjunin fremur draga fólk að svæðinu en fæla það frá.

#### Nesjavallakönnun

Kannað var viðhorf ferðamanna til virkjunar á Hellisheiði og einstakra þátta er tengjast eða geta tengst jarðvarmavirkjunum og áhrif á tíðni heimsókna.

Mikill meirihluti svarenda voru jákvæðir í garð borholna og gufustróka, einkum þó Íslendingar, og tveir af hverjum þremur töldu stöðvarhús jákvæð. Menn skiptust í afstöðu sinni til kæliturns. Meirihluti beggja hópa töldu gufuleiðslur og hávaða vera neikvæða fylgifyrsta jarðvarmavirkjana.

Um 37% þátttakenda, 35% Íslendinga og 41% erlendra gesta treystu sér ekki til að meta hvort fyrirhuguð virkjun á Hellisheiði hefði áhrif á upplifun þeirra af Hellisheiði og Hengilssvæðinu. Rúmlega helmingur Íslendinga sem afstöðu tóku og nær tveir þriðju erlendra ferðamanna töldu að virkjunin myndi hafa áhrif á upplifun þeirra. Af þeim sem tilgreindu hvaða áhrif þeir teldu að virkjunin hefði á þá nefndu um tveir þriðju jákvæð áhrif. Þeir sem nefndu neikvæð áhrif af virkjun nefndu flestir að hún raskaði náttúruupplifun og umhverfi eða hefði sjónræn áhrif.

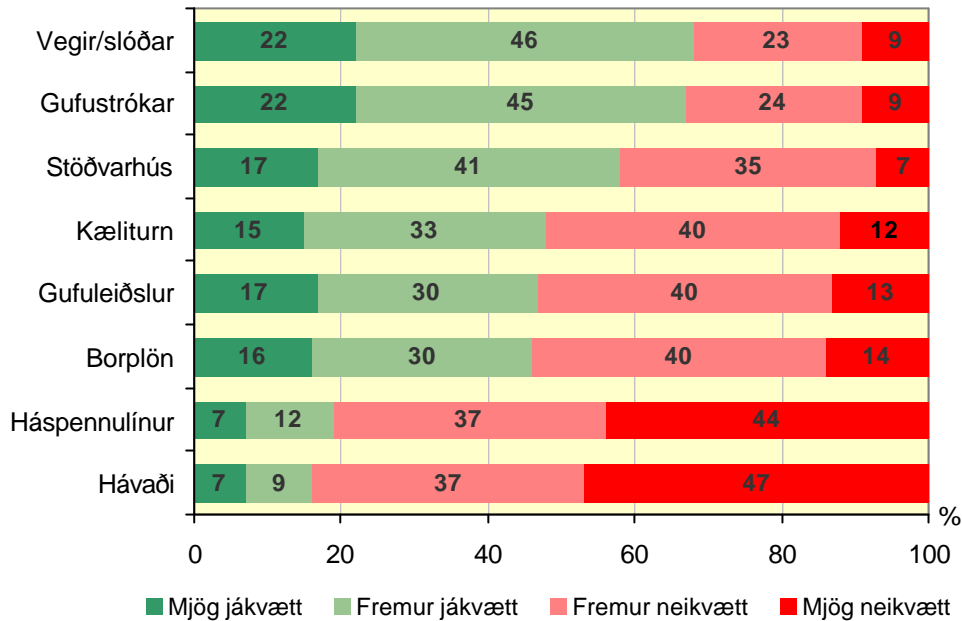
Um 23% þátttakenda, 21% Íslendinga og 29% erlendra gesta treystu sér ekki til að meta hvaða áhrif fyrirhuguð virkjun á Hellisheiði hefði á tíðni heimsókna þeirra. Af þeim sem afstöðu tóku töldu flestir að virkjunin hefði engin áhrif á komur þeirra. 24-29% töldu hins vegar að þau hefðu þau áhrif að þeir kæmu oftar á svæðið en 4-10% töldu að þeir kæmu sjaldnar. Samkvæmt því yrðu áhrif virkjunar sú að gestum myndi fjölga takvert á svæðinu.

#### Könnun á höfuðborgarsvæðinu

Kannaður var hugur íbúa höfuðborgarsvæðisins til jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði.

35% þátttakenda treystu sér ekki til að meta hvort fyrirhuguð virkjun á Hellisheiði hefði áhrif á upplifun þeirra af Hellisheiði og Hengilssvæðinu. 62% af þeim sem tóku afstöðu töldu að virkjunin myndi ekki hafa áhrif á upplifun þeirra en 38% að svo yrði. Um 20% svarenda útskýrðu hvaða áhrif þeir teldu að virkjun hefði á upplifun þeirra. Nefnd neikvæð áhrif voru að virkjun spillti náttúruupplifun, hefði sjónræn áhrif og áhrif á hljóðvist. Jákvæð áhrif voru að virkjun gæti stuðlað að aukinni afþreyingu á svæðinu og að jákvætt væri að beisla gufuorkuna.

Spurt var um afstöðu fólks til mannvirkja og þátta sem fylgja jarðvarmavirkjunum (mynd 53). 35% svarenda treystu sér ekki til að meta hvaða áhrif fyrirhuguð virkjun á Hellisheiði hefði á tíðni heimsókna þeirra á svæðið. Af þeim sem tóku afstöðu töldu um 70% að virkjunin hefði engin áhrif á komur þeirra, 17% að þeir kæmu oftar en 13% að þeir kæmu sjaldnar. Af þessu má draga þá ályktun að gestum muni ekki fækka, líkleggra er að þeim fjölgi nokkuð.



Mynd 53. Afstaða til mannvirkja og þátta sem fylgja jarðvarmavirkjunum – höfuðborgarsvæði

### Vetrarkönnun

Kannað var viðhorf þeirra gesta sem nýta svæðið sem er innan fyrirhugaðs framkvæmdasvæðis virkjunar á Hellisheiði.

36% þátttakenda treystu sér ekki til að meta hvort fyrirhuguð virkjun á Hellisheiði hefði áhrif á upplifun þeirra af Hellisheiði og Hengilssvæðinu. 51% þeirra sem afstöðu tóku töldu að virkjunin myndi hafa áhrif á upplifun þeirra en 49% álitu að svo yrði ekki. Um 25% svarenda útskýrðu hvaða áhrif þeir teldu að virkjun hefði á upplifun þeirra. Meðal þess sem talið var til jákvæðra áhrifa er að skíðasvæðin eflust í kjölfar framkvæmda og aðgengi og þjónusta við útivistarfólk og ferðamenn á svæðinu myndi batna. Nefnd neikvæð áhrif eru hugsanlegar líkur þess að skíðasvæðin í nágrenninu leggist af, umhverfisröskun, sjónræn áhrif og áhrif á hljóðvist.

25% svarenda treystu sér ekki til að meta hvaða áhrif fyrirhuguð virkjun hefði á tíðni heimsóknna þeirra á svæðið. Af þeim sem afstöðu tóku töldu 74% að virkjunin hefði engin áhrif á komur þeirra, 17% að þeir kæmu oftár ef af virkjun yrði en 9% að þeir kæmu sjaldnar. Miðað við þá niðurstöðu mun jarðvarmavirkjun á Hellisheiði því fremur fjölga en fækka innlendu útivistarfólki á svæðinu.

#### 5.14.3 Mótvægisáðgerðir

Leitast verður við að halda sjónrænum áhrifum framkvæmdarinnar í lágmarki. Komi til þess að þvera þurfi göngu- eða reiðleiðir vegna framkvæmda verður hjáleidd gerð fær á meðan og umferð vísað um hana. Aukin fræðsla, merkingar, stikun gönguleiða og bætt þjónusta við ferðamenn á svæðinu koma til með að vega upp á móti neikvæðum áhrifum framkvæmdanna á ferðamenn. Hljóðdeyfar verða settir á blásandi borholur. Ferðamönnum verða einnig veittar upplýsingar um framkvæmdina á upplýsingaskiltum.

Haft verður samráð við skíðafélög varðandi framkvæmdir í nágrenni skíðasvæðanna í Sleggjubeinsdal og í Hamragili. Einnig verða gerðar viðeigandi varúðarráðstafanir í kringum þær borholur sem næstar eru skíðasvæðunum.

#### 5.14.4 Niðurstöður

Ferðaþjónustuaðilar, skíðamenn og aðrir sem stunda útivist á áhrifasvæði virkjunar á Hellsheiði og leitað hefur verið til eru almennt jákvæðir gagnvart framkvæmdinni. Talið er að virkjunin muni ekki hafa mikil áhrif á notkun þessara aðila á svæðinu.

Afstaða fólks til nýtingar jarðvarma á Hengilssvæðinu er almennt jákvæð. Niðurstöður kannana benda til þess að virkjun muni ekki draga úr aðsókn ferðamanna á Hellsheiði og Hengilssvæðinu. Þvert á móti benda þær til að útivistarfólki muni fjölga þar frekar en fækka.

### 5.15 Samgöngur

#### 5.15.1 Áhrif framkvæmdar

Áhrif kosta I og II á samgöngur verða sambærileg.

Samkvæmt mannaflaáætlun fyrir virkjunarframkvæmdirnar er gert ráð fyrir að fjöldi starfsmanna á framkvæmdasvæðinu verði mestur liðlega 100. Ekki er gert ráð fyrir búsetu á svæðinu á meðan á framkvæmdum stendur heldur muni starfsmönnum ekið til og frá vinnu daglega. Samkvæmt því er áætlað að hámarksuferð vegna virkjunarframkvæmda geti orðið um 100 bílar á dag. Í kafla 2.11 um samgöngur kemur fram að að meðaltali fóru um 4.500 bílar á dag um Hellsheiði árið 2002, en sumardagsumferð var að meðaltali um 6.100 bílar á dag. Það verður því óveruleg aukning umferðar um Hellsheiði á meðan hámark framkvæmda stendur yfir.

VirkJuninni verður fjarstýrt frá stjórnstöð Orkuveitunnar í Reykjavík. Umferð á vegum Orkuveitunnar um virkjunarsvæðið verður því nær eingöngu vegna daglegs viðhalds og eftirlits. Gert er ráð fyrir móttöku gesta á virkjunarsvæðinu. Vegna mikillar umferðar um Hellsheiðina og greiðrar aðkomu að virkjuninni allt árið er talið líklegt að gestafjöldinn geti orðið allt að tvöfaldur samanborið við Nesjavallavirkjun. Á undanförunum árum hefur fjöldi gesta í orkuverinu á Nesjavöllum verið á bilinu 12-18 þúsund. Ef gert er ráð fyrir gestafjölda að virkjun á Hellsheiði á bilinu 30-40 þúsund á ári má reikna með að umferð vegna gesta geti orðið um 50-60 bílar á dag að meðaltali að loknum framkvæmdum. Ekki er gert ráð fyrir að þessi umferð bætist við núverandi umferð nema að litlu leyti heldur muni hluti þeirra sem um Hellsheiðina fara gera sér ferð til að skoða virkjunina í leiðinni.

Gert er ráð fyrir að aðkoma að virkjunarsvæðinu verði framvegis um tvenn vegamót við Suðurlandsveg. Í fyrsta lagi verður aðkoma að neðra svæðinu um vegamót Suðurlandsvegur og Hamragilsvegur. Vegagerðin gerir ráð fyrir aukinni umferð um Hamragilsveg vegna virkjunaráforma Orkuveitu Reykjavíkur á Hellsheiði. Samhliða fyrirhuguðum breytingum á Suðurlandsvegi í Svínahrauni að Hveradalabrekku verða ný stefnugreind vegamót gerð við Hamragilsveg. Í öðru lagi verður aðkoma að efra svæðinu um ný stefnugreind vegamót, sem gerð verða á Hellsheiði í samráði við Vegagerðina um 2 km austan Skíðaskálans í Hveradölum. Þaðan verður lagður vegur inn á efra virkjunarsvæðið milli Gígahnúks og Stóra-Skarðsmýrarfjalls. Talin er þörf á þessum vegamótum til að bæta vegtengingu inn á efra svæði, auk þess eru þau talin leiða til bætts umferðaröryggis á svæðinu.

#### 5.15.2 Mótvegisaðgerðir

Á framkvæmdatíma, meðan ekki er komin vegtenging milli efra og neðra virkjunarsvæðis um Hellsiskarð, verður til bráðabirgða hjáleid eftir gamla þjóðveginum upp Hveradalabrekku. Það mun draga úr umferð milli efra og neðra svæðis um Suðurlandsveg. Vegurinn verður lagfærður þar sem runnið hefur úr honum. Einnig verða tengingar við aðra vegi lagaðar. Að öðru leyti verður núverandi vegur nýttur.

#### 5.15.3 Niðurstöður

Framkvæmdin er ekki talin leiða til umtalsverðrar aukningar umferðar um Hellsheiði. Helstu áhrif virkjunarinnar á samgöngur eru talin verða aukin umferð um vegamót Suðurlandsvegur og



Hamragilsvegur og ný vegamót á Hellsheiði. Fyrirhuguð veltenging milli efra og neðra virkjunarsvæðis og hjáleik upp Hveradalabrekku draga úr þessum áhrifum á á framkvæmdatíma. Einnig munu tvö ný stefnugreind vegamót á tveimur stöðum, þar sem ekið verður inn á virkjunarsvæðið af Suðurlandsvegi, draga úr áhrifum á umferð um Hellsheiði.

## 6 NIÐURSTÖÐUR MATS Á UMHVERFISÁHRIFUM

Í töflu 13 eru teknar saman niðurstöður mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellisheiði á helstu þætti umhverfisins eins og greint er frá í 5. kafla.

Tafla 13. Niðurstöður mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellisheiði.

Umhverfisþættir	Umhverfisáhrif	Mótvægisáðgerðir
Jarðhiti og orkuforði (Kafli 5.2)	<p>Samkvæmt líkanreikningum telst virkjun á Hellisheiði mjög fýsilegur kostur.</p> <p>Jarðhitavinnsla á Hellisheiði er ekki talin hafa áhrif á jarðhita í Hveragerði, á Ölkelduhálsi og á Nesjavöllum.</p> <p>Samkvæmt líkanreikningum er spáð talsverðum niðurdrætti með tímanum.</p> <p>Samkvæmt líkanreikningum er lítil fjárhagsleg áhætta að reisa 40 MW rafstöð og 133 MW varmastöð, en áhættan eykst við stærri áfanga.</p> <p>Talið er að jarðhitavinnsla í virkjun á Hellisheiði verði sjálfbær. Þrýstingur og vökvamassi svæðanna jafnar sig hratt að upphafsástandinu og virðist þurfa að líða u.þ.b. mannsaldur til að þessir eiginleikar nái upphafsástandinu verði vinnslu hætt eftir 30 ár. Hitinn í jarðhitageyminum hefur á þessum tíma lækkað um minna en 10°C frá upphaflegum hita, en geymirinn nær sér alveg á allt að 1000 árum komi ekki til frekari innspýting vegna eldvirkni. Umhverfisáhrifin teljast því afturkræf.</p> <p>Samkvæmt líkanreikningum eykst streymi skiljuvatns ekki á spátímanum.</p>	<p>Á síðari stigum kemur niðurrennsli í jarðhitageyminn til greina að lokinni þróun aðferðar til þess.</p>
Vatnafar (Kafli 5.3)	<p>Nægilegt vatn til framleiðslu á heitu vatni fæst úr fyrirhuguðu vatnsbólí við Engidalskvísl.</p>	<p>Afmarka þarf vatnsverndarsvæði umhverfis fyrirhugað vatnsból virkjunarinnar við Engidalskvísl.</p>

Umhverfispættir	Umhverfisáhrif	Mótvægisaðgerðir
Vatnafar – frh.	<p>Styrkur þriggja efna í skiljuvatni liggur yfir viðmiðunarmörkum neysluvatns og styrkur arsens telst ávallt ófullnægjandi ástand fyrir lífríki/þynningarsvæði.</p> <p>Talið óæskilegt að losa skiljuvatn á yfirborði vegna hugsanlegra áhrifa á vatnsból og lífríki.</p> <p>Með niðurrennsli neðarlega í grunnvatn við Þrengsli myndast svæði vestan við Þrengslaveginn til sjávar þar sem arsenstyrkur er rétt yfir mörkum drykkjarvatnsstaðla. Það tekur meira en 25 ár að ná endanlegum hámarksstyrk við Suðurströndina.</p> <p>Tímabundin losun í svelgholur á yfirborði vegna hugsanlegra rekstrartruflana niðurrennsli-mannvirkja virðist engin áhrif hafa á grunnvatnskerfið.</p>	<p>Skiljuvatn verður losað með niðurrennsli neðarlega í grunnvatnið í Selvogsstraumnum á 400 m dýpi, um 150 m neðan sjávarmáls þannig að áhrifa þess gæti ekki í vatnsbóli Þorlákshafnar og væntanlegar virkjunar á Hellsheiði né á öðrum vatnsverndarsvæðum. Blandast skiljuvatnið fljótt við grunnvatn í þeim mæli að öll efni nema arsen eru undir leyfilegu hámarki.</p> <p>Eftirlitshola verður boruð sunnan Lambafells, um 1,5 km frá fyrirhuguðum losunarstað, til að taka vatnssýni og staðreyna líkanreikningana.</p> <p>Kannaður verður möguleiki á að losa skiljuvatn í jarðhitageyminn og þróuð til þess aðferð.</p>
Loftgæði (Kafli 5.4)	<p>Vegna fullbyggðrar virkjunar eykst losun koldíoxíðs á Íslandi um 0,74% miðað við losunina 2001 og losun metans um 0,1%.</p> <p>Vegna samvinnslu rafmagns og varma í virkjun á Hellsheiði er losun gróðurhúsalofttegunda á hverja kWst orku talin verða með því lægsta sem völ er á við orkuframleiðslu.</p> <p>Með tilkomu virkjunarinnar verður 60% aukning á rafmagnsframleiðslu með jarðhitavirkjunum á Íslandi en losun brennisteinsvetnis eykst einungis um 16%. Má búast við að meginhluti brennisteinsvetnis falli til jarðar með úrkomu og oxist í sulfat eða brennistein.</p> <p>Búast má við að við ákveðnar aðstæður finnist brennisteinslykt í nágrenni virkjunarinnar.</p>	



Umhverfispættir	Umhverfisáhrif	Mótvægisáðgerðir
Gróðurfar (Kafli 5.5)	<p>Áhrif á gróður á virkjunarsvæðinu og við hitaveituæð til Reykjavíkur takmarkast við rask á grónum svæðum sem fara undir mannvirki, svo sem borteiga, lagnir, vegi, námur og byggingar.</p> <p>Talið er ólíklegt að framkvæmdin muni hafa veruleg áhrif á gróður á virkjunarsvæðinu. Ekki er búist við mikilli röskun á grónum svæðum og á sjaldgæfum gróðurlendum eða að sjaldgæfar tegundir hverfi úr flóru svæðisins.</p> <p>Á áhrifasvæði hitaveituæðar eru ekki sjaldgæf gróðurfélög sem þörf er að vernda. Varanleg áhrif á góður eru talin verða lítil.</p> <p>Í Elliðakotsmýrum er áætlað að um 0,75 ha votlendis raskist, en framkvæmdin muni ekki hafa áhrif á vatnsstöðu í mýrunum.</p>	<p>Dregið verður úr raski með staðsetningu borholna á borteigum. Það leiðir til þess að borstæðin minnka, lagnaleiðir stytta, auk þess sem lögnum og vegslóðum fækkar.</p> <p>Votlendi við Húsmúla verður hlíft með því að ferksvatnslögn frá vatnsbólum að virkjun verður lögð vestan Draugatjarnar.</p> <p>Sérstæðri tjörn og tveimur hraunbollum í Svínahrauni verður hlíft við val á leið hitaveituæðar til Reykjavíkur.</p> <p>Vegslóðar sem ekki verða nýttir áfram verða afmáðir og land grætt upp ef við á.</p> <p>Í Elliðakotsmýrum er gert ráð fyrir að haga framkvæmdum við hitaveituæðina þannig að mýrarnar haldist og áhrif á vatnsstöðu í mýrunum verði engin.</p>
Dýralíf (Kafli 5.6)	<p>Á framkvæmdatíma geta varpfuglar orðið fyrir truflun af mannvirkjagerð og borun. Varanleg áhrif þess á fuglalíf eru talin lítil.</p> <p>Búist er við litlum áhrifum á smádýralíf á landi og í vötnum.</p>	
Lífriki hvera (Kafli 5.7)	<p>Ekkert rask verður á hverasvæðum í nágrenni framkvæmdasvæðisins. Virkjunin hefur því ekki bein áhrif á hveralíf. Ekki er búist við breytingum á yfirborðsvirkni jarðhita í kjölfar nýtingar og því talið að virkjunin hafi ekki heldur óbein áhrif á lífríki hvera.</p>	
Skipulag og landnotkun (Kafli 5.8)	<p>Vatnsverndarsvæði umhverfis vatnsból virkjunarinnar og iðnaðarsvæði umhverfis borsvæði, mannvirki virkjunarinnar og niðurrenslissvæði og staðsetning hitaveituæðar til Reykjavíkur er í samræmi við tillögu að aðalskipulagi Sveitarfélagsins Ölfuss.</p>	<p>Ef þvera þarf göngu- eða reið leiðir verður gerð hjáleid á framkvæmdatíma. Ráðgert er að umferð gangandi og ríðandi verði einnig greið um svæðið að loknum framkvæmdum.</p>

Umhverfispættir	Umhverfisáhrif	Mótvægisáðgerðir
Skipulag og landnotkun – frh. (Kafli 5.8)	Breyta þarf aðalskipulagi Mosfellsbæjar og Reykjavíkur vegna framkvæmda við hitaveituæð.  Val á leið hitaveituæðar frá virkjun til Reykjavíkur og fyrirhugaðar mótvægisáðgerðir vegna framkvæmda við borun, efnistöku, lagnir og vegi eru taldar leiða til þess að áhrif á landnotkun, m.a. nýtingu skíðasvæða, göngu- og reiðleiða verði lítil.	Með því að fylgja núverandi vegum, slóðum og háspennulínum við val lagnaleiða m.a. lögn hitaveituæðar er reynt að draga úr truflun á landnotkun.
Jarðmyndanir og landslag (Kafli 5.9)	Framkvæmdir samkvæmt kosti I valda lítillaga minni röskun en framkvæmdir samkvæmt kosti II.  Gildi landslags er ekki metið hátt á þeim hluta Hengilssvæðisins þar sem reisa á virkjunina. Svæðið er þegar töluvert raskað og er ekki talið að framkvæmdin muni rýra landslagsgildi svæðisins mikið.  Þar sem mannvirki verða í nútíma-hrauni skerða þau jarðmyndanir sem njóta verndar sbr. lög um náttúruvernd.  Með mótvægisáðgerðum verður áhrifum framkvæmdarinnar á jarðmyndanir og landslag haldið í lágmarki.	Við staðsetningu mannvirkja verður sneitt hjá sérstæðum jarðmyndunum eins og kostur er. Skilgreind verða verndarsvæði um myndanir sem ekki verður hróflað við.  Með fleiri en einni borholu á sama borteig fækkar vegslóðum og lögnum sem minnkar jarðrask. Vegslóðar sem ekki verða nýttir áfram verða afmáðir.  Uppgröftur sem ekki nýtist við framkvæmdirnar verður losaður í gamlar námur við Gígahnúk og fyrir framan Hamragil til þess að fylla, móta og snyrta þær.
Menningarminjar (Kafli 5.10)	Framkvæmdin er ekki talin hafa áhrif á þekktar menningarminjar á virkjunarsvæðinu. Engar sýnilegar minjar eru í hættu á neðra virkjunarsvæði, byggingarsvæði við Kolviðarhól, í Helligskarði eða við Gígahnúk.  Varða GK-256:036 um 50 m sunnan Sogslínu 2, er hér um bil á lagnaleið hitaveituæðar.	Framkvæmdum verður hagað þannig að aðveituæð og lagnir á efra svæði loki ekki Helligsheiðarvegi hinum forna eða spilli vörðum á honum.  Leitast verður við að hlífa vörðu GK-256:036 eða fá leyfi til að flytja hana ef þess gerist þörf.
Sjónræn áhrif (Kafli 5.11)	Byggingar, lagnir á yfirborði, borstæði í bratta og nýir vegir hafa nokkur sjónræn áhrif. Þá mun gufa frá gufuháfum, kæliturnum og borholum í blæstri sjást víða að.	Við útlitshönnun virkjunarinnar verður leitast við að fella mannvirki að umhverfinu m.t.t. sjónrænna áhrifa. Fleiri en ein borhola á borteigum minnkar jarðrask og dregur úr áhrifum.

Umhverfispættir	Umhverfisáhrif	Mótvægisáðgerðir
Sjónræn áhrif – frh. (Kafli 5.11)	Áhrif af gufu frá blásandi borholum, lagnaframkvæmdum og efnistöku verða í takmarkaðan tíma. Varanleg sjónræn áhrif efnistöku verða lítil. Áhrif á gamlar námur verða jákvæð.	Hluti lagna verður niðurgrafinn, s.s. ferskvatnslögn frá vatnsbóli og hitaveituað.  Gamla námur verða lagaðar.  Efnistökuastaður í Hamragili er valinn þannig að hann verði ekki áberandi.
Hljóðvist (Kafli 5.12)	Hljóðstig mun, á framkvæmda og rekstrartíma, geta farið yfir viðmiðunarmörk fyrir iðnaðarsvæði á borteigum við borun og prófun. Einkum á næstu tveimur árum og um tveimur árum fyrir gangsetningu síðari hluta rafstöðvar virkjunarinnar árið 2012.	Settir verða upp hljóðdeyfar við allar holur.
Byggð og íbúapróun (Kafli 5.13)	Á framkvæmdatíma verður fjöldi starfsmanna mest um 100 manns.  Hvorki verður gert ráð fyrir gisti-aðstöðu á verkstað né fastri búseta við virkjunina.  Áhrif á atvinnuástand og þar með byggð og íbúapróun í sveitarfélaginu eru talin verða lítil.	
Ferðaþjónusta og útivist (Kafli 5.14)	Afstaða fólks til nýtingar jarðvarma á Hengilssvæðinu er almennt jákvæð.  Niðurstöður kannana benda þó til þess að virkjun á Helligheiði muni ekki draga úr aðsókn ferðamanna á Helligheiði og Hengilssvæðinu. Þvert á móti benda þær til að útivistarfólki muni fjölga þar frekar en fækka.	Haft verður samráð við skíða-félögin varðandi framkvæmdir í nágrenni skíðasvæðanna og varðandi varúðarráðstafanir kringum blásandi borholur næst skíðasvæðunum.  Ferðamönnum verða veittar upplýsingar á skiltum.
Samgöngur (Kafli 5.15)	Framkvæmdin er ekki talin leiða til umtalsverðrar aukningar umferðar um Helligheiði.  Nýr vegur verður lagður inná efra virkjunarsvæðið.  Helstu áhrif virkjunarinnar á samgöngur eru talin verða aukin umferð um vegamót Suðurlandsvegur og Hamragilsvegur og ný vegamót á Helligheiði.	Hjáleið upp Hveradalabrekku og síðar varanleg vegtenging milli efra og neðra virkjunarsvæðis munu draga úr þessum áhrifum á framkvæmdatíma.  Tvö ný stefnugreind vegamót af Suðurlandsvegi inn á virkjunarsvæðið auka umferðaöryggi og draga úr áhrifum á umferð um Helligheiði.



## 6.1 Niðurstöður

Hér á eftir fer samantekt á niðurstöðum mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellsheiði. Virkjunin telst mjög fýsilegur kostur með tilliti til hugsanlegra áhrifa á jarðhita og orkuforða jarðhitasvæðisins samkvæmt líkanreikningum. Jarðhitavinnsla á Hellsheiði er ekki talin hafa áhrif á jarðhita í Hveragerði, á Ölkelduhálsi og á Nesjavöllum. Spáð er talsverðum niðurdrætti með tímanum. Á síðari stigum kemur niðurrennsli í jarðhitageyminn til greina að lokinni þróun aðferðar til þess. Reiknilíkanið er talið nægjanlega öruggt til að spá fyrir um að lítil fjárhagsleg áhætta fylgi því að reisa 40 MW rafstöð og 133 MW varmastöð á Hellsheiði, en áhættan eykst ef virkja á í stærri áföngum vegna óvissu um holufjölda. Samkvæmt líkanreikningunum eykst streymi skiljuvatns ekki á spátímanum. Talið er að jarðhitavinnsla í virkjun á Hellsheiði verði sjálfbær. Þrýstingur og vökvamassi svæðanna jafnar sig hratt að upphafsástandinu og virðist þurfa að líða u.þ.b. mannsaldur til að þessir eiginleikar nái upphafsástandinu verði vinnslu hætt eftir 30 ár. Hitinn í jarðhitageyminum hefur á þessum tíma lækkað um minna en 10°C frá upphaflegum hita, en geymirinn nær sér alveg á allt að 1000 árum komi ekki til frekari innspýting vegna eldvirkni. Umhverfisáhrifin teljast því afturkræf.

Við grunnvatnsrannsóknir var leitað að hentugum vatnsöflunarstað til framleiðslu á hitaveituvatni og metin áhrif vatnstöku á vatnafar. Einnig var leitað að heppilegum losunarstað fyrir affallsvatn og metin áhrif losunar í grunnvatn. Grunnvatnskerfið reyndist nokkuð flókið og er því rannsóknarsvæðið mjög stórt. Við úrvinnslu gagnanna og mat á áhrifum á grunnvatn var m.a. notað reiknilíkan. Til að meta hugsanleg áhrif losunar affallsvatns frá virkjuninni á vatnafar voru greind þéttivatns- og skiljuvatnssýni úr rannsóknaholum á Hellsheiði. Greiningar sýna að þéttivatn inniheldur engin efni yfir leyfilegum hámarksstyrk. Styrkur þriggja efna í skiljuvatni liggur aftur á móti yfir viðmiðunarmörkum neysluvatns og styrkur arsens telst ávallt ófullnægjandi ástand fyrir lífríki/þynningarsvæði. Af þeim sökum er talið óæskilegt að losa skiljuvatn á yfirborði vegna hugsanlegra áhrifa á vatnsból og lífríki.

Komið hefur í ljós að nægilegt vatn til framleiðslu á heitu vatni fæst úr fyrirhuguðu vatnsbóli virkjunarinnar við Engidalskvísl vestan Húsmúla. Afmarka þarf vatnsverndarsvæði umhverfis vatnsbólið. Samkvæmt grunnvatnsrannsóknum og líkanreikningum er talið heppilegast að losa skiljuvatn með niðurrennsli neðarlega í grunnvatnið í Selvogsstraumnum á 400 m dýpi eða um 150 m neðan sjávarmáls á fyrirhuguðu niðurrennsli svæði við Þrengsli. Þannig gætir áhrifa þess ekki í vatnsbóli Þorlákshafnar og væntanlegrar virkjunar á Hellsheiði né á öðrum vatnsverndarsvæðum. Samkvæmt reiknilíkaninu blandast skiljuvatnið á tiltölulega þröngu svæði og aldrei koma fram nein áhrif frá skiljuvatninu við hugsanlegan nýjan vatnstökustað vestan núverandi vatnsbóls Þorlákshafnar. Myndast aflangt svæði vestan við Þrengslavegin til sjávar þar sem arsenstyrkur grunnvatns er rétt yfir mörkum fyrir neysluvatn. Miðað við fullbyggða virkjun mundi það taka um 25 ár að ná endanlegum hámarksstyrk við Suðurströndina. Tímabundin losun í svelgholur á yfirborði vegna hugsanlegra rekstrartruflana niðurrennsli smávirka virðist engin áhrif hafa á grunnvatnskerfið.

Vegna fullbyggðrar virkjunar á Hellsheiði eykst losun koldíoxíðs á Íslandi um 24.300 tonn á ári eða um 0,74% miðað við losunina 2001 og losun metans eykst um 16 tonn á ári eða um 0,1%. Góð nýtni á auðlindinni vegna samvinnslu rafmagns og varma í virkjunni gerir það að verkum að losun gróðurhúsalofttegunda á hverja kWst orku er talin verða með því lægsta sem völ er á við orkuframleiðslu. Losun brennisteinsvetnis frá jarðvarmavirkjunum á Íslandi mun með virkjuninni aukast u.þ.b. 2.500 tonn á ári eða um 16% miðað við losunina 2001. Talið er hverfandi hluti þess muni oxast í brennisteinnoxíð, en megin hlutinn falli til jarðar með úrkomu og oxist í sulfat eða brennistein. Vegna mikillar úrkomu og vinds á virkjunarsvæðinu má búast við að brennisteinsvetnið þvoist tiltölulega fljótt úr lofti. Lítil hætta er talin stafa af losun brennisteinsvetnis frá virkjuninni, en við ákveðnar aðstæður má búast við að brennisteinslykt finnist á virkjunarsvæðinu.

Áhrif á gróður á virkjunarsvæðinu, vatnsverndarsvæði og við heitavatnsæð til Reykjavíkur takmarkast við rask á grónum svæðum sem fara undir mannvirki, svo sem borteiga, lagnir, vegi, námur og byggingar og nánasta umhverfi þeirra. Ólíklegt er talið að framkvæmdin muni hafa veruleg áhrif á

gróður á virkjunarsvæðinu. Ekki er búist við mikilli röskun á grónum svæðum og á sjaldgæfum gróðurlendum né að sjaldgæfar tegundir hverfi úr flóru svæðisins. Votlendi við Húsmúla verður hlíft með því að ferksvatnslögn frá vatnsbóli að virkjun verður lögð vestan Draugatjarnar. Á áhrifasvæði hitaveituæðar eru ekki sjaldgæf gróðurfélög sem þörf er að vernda. Í Elliðakotsmýrum er gert ráð fyrir að haga framkvæmdum við hitaveituæðina þannig að mýrin haldist og áhrif þeirra á vatnsstöðu í mýrunum verði engin. Vinnuvegur með lögninni verður fljótandi á mýrunum. Talið er að varanleg áhrif á verðmæt gróðurlendi verði lítil.

Framkvæmdin er talin hafa lítil varanleg áhrif á dýralíf. Á framkvæmdatíma geta varpfuglar orðið fyrir truflun af mannvirkjagerð og borun en varanlega áhrif þess á fuglalíf eru talin lítil. Búist er við litlum áhrifum á smádýralíf á landi og í vötnum.

Á framkvæmdatíma verður ekkert jarðrask á hverasvæðum í nágrenni framkvæmdasvæðisins. Virkjunin hefur því engin bein áhrif á hveralíf. Ekki er búist við breytingum á yfirborðsvirgni jarðhita á Hellisheiði í kjölfar jarðhitanytingar. Því er talið að virkjun á Hellisheiði muni ekki heldur hafa óbein áhrif á lífríki hvera.

Framkvæmdin hefur áhrif á skipulag og landnotkun en ekkert skipulag er í gildi á virkjunarsvæðinu. Framkvæmdin er í samræmi við tillögu að aðalskipulagi Sveitarfélagsins Ölfuss, sem hefur verið auglýst, að því tilskildu að tekið verði tillit til athugasemda Orkuveitunnar varðandi fyrirhugaða efnistöku í Hamragili, niðurrennsli svæði og veg inn á efra virkjunarsvæðið. Í tillögunni eru afmörkuð vatnsverndarsvæði umhverfis vatnsból virkjunarinnar, iðnaðarsvæði umhverfis borsvæði, byggingarreiti og niðurrennsli svæði. Lega fyrirhugaðrar hitaveituæðar er í samræmi við tillögu að aðalskipulagi Sveitarfélagsins Ölfuss, en breyta þarf aðalskipulagi Mosfellsbæjar og Reykjavíkur þar sem ekki er gert ráð fyrir hitaveituæð í staðfestu aðalskipulagi þessara sveitarfélaga.

Ef þvera þarf göngu- eða reiðleiðir verður gerð hjáleid á framkvæmdatíma. Ráðgert er að umferð gangandi og riðandi verði einnig greidd um svæðið að loknum framkvæmdum. Fyrirhugaðar mótvægisadgerðir vegna framkvæmda við borun, efnistöku, lagnir og vegi eru taldar leiða til þess að lítil áhrif verði á landnotkun, t.d. á nýtingu skíðasvæða og göngu- og reiðleiða.

Gildi landslags á þeim hluta Hengilssvæðisins sem reisa á virkjunina er ekki metið hátt og svæðið er auk þess þegar töluvert raskað. Því er talið að framkvæmdin muni ekki rýra mikið landslagsgildi virkjunarsvæðisins. Þar sem mannvirki verða í nútímahrauni skerða þau jarðmyndanir sem njóta verndar samkvæmt lögum um náttúruvernd. Við staðsetningu mannvirkja verður sneitt hjá sérstæðum jarðmyndunum eins og kostur er. Skilgreind hafa verið verndarsvæði um jarðmyndanir sem ekki verður hróflað við. Með fleiri en einni borholu á sama borteig fækkar vegslóðum og lögnum sem minnkar jarðrask. Vegslóðar sem ekki verða nýttir áfram verða afmáðir. Uppgröftur sem ekki nýtist við framkvæmdirnar verður losaður í gamlar námur við Gígahnúk og fyrir framan Hamragil til þess að fylla, móta og snyrta þær. Með mótvægisadgerðum verður áhrifum framkvæmdarinnar á jarðmyndanir og landslag haldið í lágmarki.

Engar sýnilegar menningarminjar eru taldar í hættu á virkjunarsvæðinu. Á efra virkjunarsvæði munu lagnir þvera Hellisheiðarveg hinn forna, en leiðinni verður haldið opinni og vörðurnar varðveittar. Á lagnaleið hitaveituæðar er varða á milli Lyklafells og Sólheimakots, sem þarf að sneiða hjá eða fá leyfi til að flytja hana gerist þess þörf.

Umhverfi fyrirhugaðrar jarðvarmavirkjunar tekur nokkrum breytingum við framkvæmdina. Byggingar, svo sem stöðvarhús, kæliturnar og gufuháfar munu verða vel sýnileg. Einnig munu lagnir á yfirborði, borstæði í bratta og nýir vegir sjást. Þá mun gufa sem stígur upp af gufuháfum, kæliturnum og borholum í blæstri sjást víða að. Í flestum tilfellum verður um varanleg áhrif að ræða en í öðrum verða áhrifin í takmarkaðan tíma, t.d. af gufu frá blásandi borholum, af lagnaframkvæmdum og af efnistöku á framkvæmdatíma. Sjónræn áhrif niðurgrafinna lagna er að mestu tímabundinn. Fyrirhugaðar mótvægisadgerðir munu draga úr áhrifum.

Hljóðstig mun, á framkvæmda og rekstrartíma, geta farið yfir viðmiðunarmörk fyrir iðnaðarsvæði á borteigum við borun og prófun. Settir verða upp hljóðdeyfjar við hverja holu til að minnka hljóðstig eins og kostur er. Hljóðstig mun hækka á framkvæmdatíma þegar boraðar verða 10 holur á næstu tveimur árum og við borun á 8 holum til viðbótar fyrir gangsetningu síðari hluta rafstöðvar virkjunarinnar sem er áætluð árið 2012.

Á framkvæmdatíma verður fjöldi starfsmanna mest um 100 manns. Hvorki er gert ráð fyrir gisti-aðstöðu á verkstað né fastri búsetu við virkjunina. Áhrif á atvinnuástand og þar með byggð og íbúapróun í sveitarfélaginu eru talin verða lítil.

Afstaða fólks til nýtingar jarðvarma á Hengils svæðinu er almennt jákvæð. Niðurstöður kannana benda til þess að virkjun muni ekki draga úr aðsókn ferðamanna á Helligheiði og Hengils svæðið. Þvert á móti benda þær til að útivistarfólki muni fjölga þar frekar en fækka. Ferðamönnum verða veittar upplýsingar á skiltum.

Framkvæmdin er ekki talin leiða til umtalsverðrar aukningar á umferð um Helligheiði. Helstu áhrif virkjunarinnar á samgöngur eru talin verða aukin umferð um vegamót Suðurlandsvegur og Hamragilsvegur og að nýr vegur verður lagður inná efra virkjunarsvæðið frá nýjum vegamótum á Helligheiði.

## 6.2 Mismunur kosta I og II

Umhverfisáhrif þeirra tveggja kosta sem kynntir eru í skýrslunni eru mjög sambærilegir. Kostur II verður valinn ef lega og eðli jarðhitans á efra virkjunarsvæðinu reynist öðru vísi en reiknað var með.

Framkvæmdir samkvæmt kosti I þurfa um 825 þús m<sup>2</sup> lands, þar af fara um 590 þús m<sup>2</sup> undir mannvirki. Framkvæmdir samkvæmt kosti II þurfa um 845 þús m<sup>2</sup>, þar af fara um 610 þús m<sup>2</sup> undir mannvirki. Talsverður hluti þessa svæðis er þegar raskað. Raskað land verður lagfært og snyrt. Stöðvarhús, kæliturn og þjónustubyggingar kosta I verða reistar neðan Helligskarðs á flötunum við Kolviðarhól. Skiljustöðvar verða ofan Helligskarðs og vestan Þverfells. Mannvirki á neðra svæði munu sjást vel af Suðurlandsvegi í Svínahrauni, Hamragilsvegi og göngu- og reiðleiðum í nágrenni virkjunarsvæðisins. Samkvæmt kosti II verður einnig byggt stöðvarhús á efra virkjunarsvæðinu, suðaustan við Gígahnúk, ásamt kæliturni, skiljustöð, lokahúsi og gufuháfi, sem munu sjást vel frá Suðurlandsvegi á Helligheiði.

Munur áhrifa kosta I og II á gróðurfar og jarðmyndanir stafar af raski á mosapembu og nútímahrauni á 20.000 m<sup>2</sup> byggingareit stöðvarhúss fyrir kost II suðaustan Gígahnúks. Áhrif á jarðhita og orkuforða, vatnafar, loftgæði, dýralíf, lífríki hvera, menningarminjar, hljóðvist, byggð og íbúapróun, ferðapjónustu og samgöngur er sambærileg fyrir báða kostina.

## 6.3 Heildaráhrif

Niðurstaða mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Helligheiði er sú að framkvæmdin muni ekki hafa umtalsverð umhverfisáhrif.



## 7 AÐRIR KOSTIR

### 7.1 Staðsetning og tilhögun framkvæmda

Í þessum kafla er fjallað um möguleika sem hafa verið kannaðir varðandi tilhögun ýmissa þátta framkvæmdarinnar. Framkvæmdaraðili telur þá ekki koma til greina og hafa umhverfisáhrif þeirra ekki verið metin á sama hátt og kosta I og II sem greint er frá hér á undan og lagðir eru fram til formlegrar athugunar og úrskurðar.

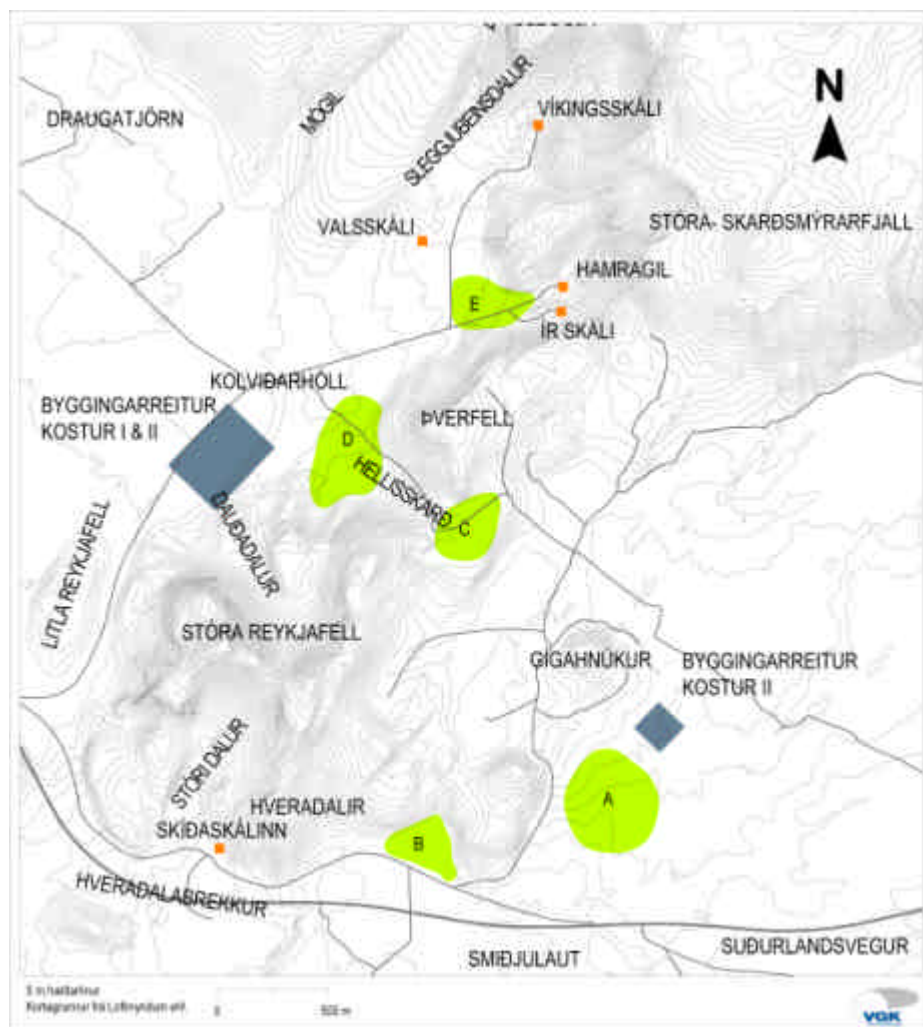
#### 7.1.1 Stöðvarhús

Í matsáætlun voru kynntir sex möguleikar á staðsetningu stöðvarhúss jarðvarmavirkjunar á Helligheiði og tengdra mannvirkja (mynd 55). Kannaðir voru möguleikar á að byggja stöðvarhús á þessum stöðum og eru niðurstöður þessara athugana eftirfarandi:

- A. Suðaustan Gígahnúks og austan Stóra-Reykjafells. Kostnaðarsamanburður sýnir að það kostar jafnmikið að leiða gufu að Kolviðarhóli og það kostar að leiða kalt vatn að Gígahnúk og síðan heitt vatn frá þeim stað. Veðurfarslega er svæðið við Kolviðarhól hagstæðara. Ef eingöngu verður reist rafstöð á efra virkjunarsvæðinu, eins og kynnt er í kosti II, þá telur framkvæmdaraðili fyrirhugaðan byggingarreit suðaustan við Gígahnúk vera nánari útfærslu á þessum möguleika eins og hann var kynntur í matsáætlun. Heitavatnsframleiðslan verður í öllum tilfellum við Kolviðarhól, bæði í kosti I og II.
- B. Sunnan Stóra-Reykjafells, fyrir framan Flengingabrekku. Svæði B er talið vera of nærri Suðurlandsvegi og hentar illa með tilliti til lagnaleiða og afstöðu til fyrirhugaðra borteiga.
- C. Norðan Stóra-Reykjafells og ofan Helligskarðs. Svæði C er talið snjópungt auk þess sem aðkoma að svæðinu er erfið.
- D. Austan Kolviðarhóls og neðan Helligskarðs. Landrými er talið of lítið á þessu svæði. Áformaður byggingarreitur í nágrenni Kolviðarhóls er talinn nánari útfærsla á þessum möguleika eins og hann var kynntur í matsáætlun.
- E. Norðvestan Þverfells og framan Hamragils. Svæði E framan Hamragils hentar ekki vel með tilliti til lagnaleiða og afstöðu til borteiga.
- F. Aðrar heppilegar staðsetningar (F) sem eru mjög frábrugðnar A til E hafa ekki komið í ljós.

#### 7.1.2 Skiljustöðvar, lokahús og gufuháfar

Í matsáætlun var fyrirkomulag mannvirkja við skiljustöð virkjunar Orkuveitu Reykjavíkur á Nesjavöllum kynnt sem dæmi um tilhögun mannvirkja í skiljustöð. Skoðað var að hafa lokahús og gufuháfa við skiljustöð á Helligheiði eins og gert er á Nesjavöllum. Vegna landfræðilegra aðstæðna verða gufu- og skiljuvatnsaðveituæðar mun lengri á Helligheiði en á Nesjavöllum. Stýritæknilega séð er nauðsynlegt að hafa fjarlægð frá lokahúsi að stöðvarhúsi sem stysta. Ef lokahús og gufuháfar eru við skiljustöðvarnar stíga gufubólstrar upp á fleiri stöðum, en þegar þessi mannvirki eru höfð í nágrenni við stöðvarhús og kæliturma virkjunarinnar. Dreifing á útblæstri verður því minni með þessu fyrirkomulagi sem valið er.



Mynd 54. Möguleikar á staðsetningu stöðvarhúss virkjunar á Hellisheiði.

### 7.1.3 Aðveituæðar

Í Hellisskarði var skoðaður sá möguleiki að leggja aðveituæðar með vegslóða sem liggur um skarðið. Þessi lagnaleið krefst meiri skeringa efst í Hellisskarði og er talin valda meira raski og sjónrænum áhrifum. Einnig er leiðin nær minjastað vestan í Þverfelli sem nefndur er „Búasteinn“, en sú leið sem var valin. Af þessum sökum og til að gönguleið og reiðleið um skarðið haldist opin var fallið frá þessari leið.

### 7.1.4 Vatnsból

Eftirfarandi möguleikar á staðsetningu vatnsbóls voru skoðaðir:

- Líkleg staðsetning vatnsbóls sunnan við Húsmúla var kynnt í matsáætlun. Við rannsóknir á grunnvatni kom í ljós svonefnd „grunnvatnsháslétta“ í nágrenni fyrirhugaðrar virkjunar sem nær til þessa svæðis. Vatnsból á þessum stað er of nálægt Suðurlandsvegi, sem liggur yfir áætlað grannsvæði vatnsverndarsvæðis. Hætta stafar m.a. af vatnsmengun vegna umferðaróhappa.
- Sá möguleiki að staðsetja vatnsból virkjunarinnar í Þrengslum og vatnstöku úr Selvogsstraumi var einnig skoðaður og reyndist ekki fýsilegur, m.a. vegna nálægðar við vegi, sjá nánari umfjöllun í kafla 7.1.7.

### 7.1.5 Ferskvatnsæð

Skoðuð var önnur lega ferskvatnsæðar frá vatnsbóli virkjunarinnar við Engidalskvísl að stöðvarhúsi við Kolviðarhól, austan og dnan við Draugatjörn. Samkvæmt athugun á gróðurfari er votlendi á þessu svæði í nágrenni tjarnarinnar. Einnig spretta lindir þar fram undan Húsmúlanum, auk þess sem gönguleið liggur um svæðið. Jafnframt eru þar fornminjar í nágrenninu, sem tengjast fornri leið um svæðið og sæluhúsi sem þar var. Leiðin er ekki talin koma til greina vegna hugsanlegra áhrifa á fyrrgreinda þætti. Þess í stað var lengri leið valin sem liggur vestan Draugatjarnar.

### 7.1.6 Varmastöð

Eftirfarandi möguleikar á fyrirkomulagi við varmastöð voru skoðaðir:

- Að leiða skiljuvatn frá virkjun á Hellisheiði til Reykjavíkur og afla þar ferskvatns til upphitar í varmastöð. Síðan mætti losa það með niðurrennsli í borholur á höfuðborgarsvæðinu eða út í sjó. Með þessari tilhögun er ekki hægt að framleiða jafmikið heitt vatn og fyrirhugað er, þar sem þéttivarmi frá raforkuframleiðslu verður ekki nýttur. Afköst varmastöðvarinnar verða aðeins um helmingurinn af því sem er áætlað í virkjun á Hellisheiði. Nýting auðlindarinnar er mun óhagkvæmari með þessu móti.
- Einnig var kannað hvort afla mætti ferskvatns í nágrenni virkjunarinnar á Hellisheiði, nýta þéttivarmann í virkjuninni og leiða forhitað vatn og skiljuvatn í sitt hvorri æðinn til Reykjavíkur, en þessum möguleika var hafnað vegna allt of hás kostnaðar.
- Kannað var að fara með bakrennsli frá Reykjavík til upphitar á Hellisheiði. Fallið var frá því vegna kostnaðar. Einnig getur skortur á bakvatni valdið því að ekki nást full afköst.

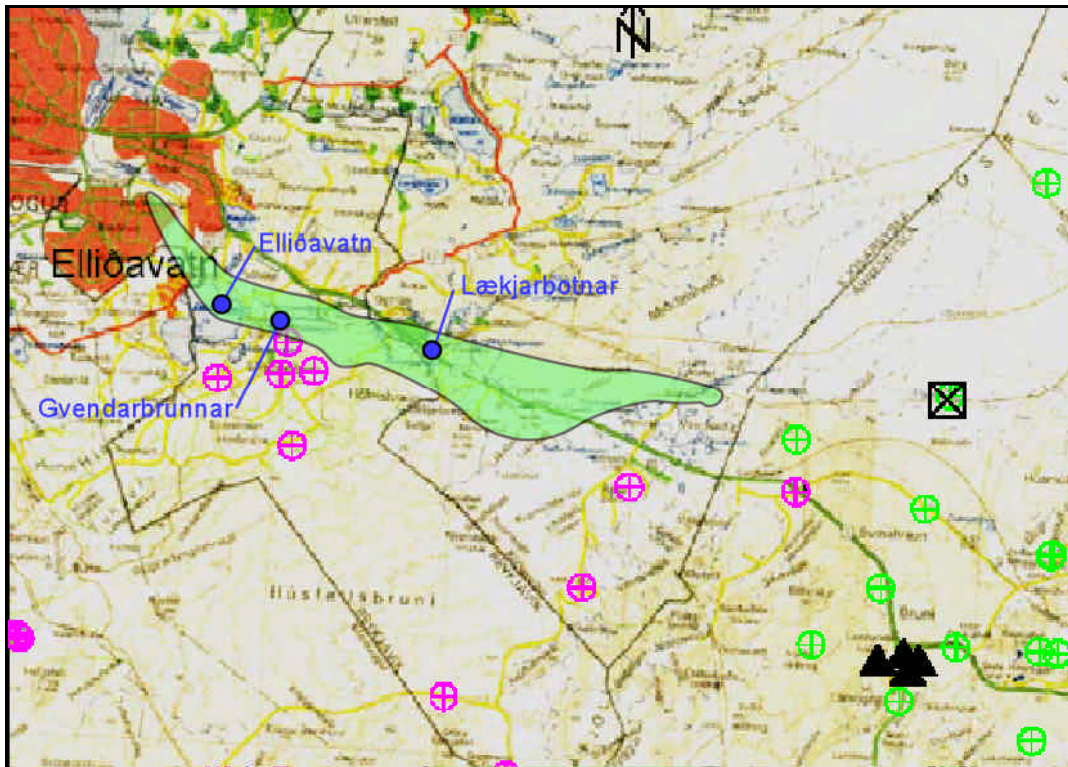
### 7.1.7 Losun affallsvatns

Eftirfarandi möguleikar voru skoðaðir á losun affallsvatns frá virkjuninni:

- Samhliða könnun á mögulegu fyrirkomulagi við varmastöð var skoðað að losa skiljuvatn á höfuðborgarsvæðinu sjá umfjöllun í kafla 7.1.6.
- Einn af möguleiki sem athugaður var til vatnsöflunar/vatnslosunar var að velja vatnsöfluninni stað í Þrengslum og að losa skiljuvatn djúpt í grunnvatnið við Engidalskvísl, þ.e. að hafa endaskipti á þeim valkosti sem álitlegastur þykir (Gestur Gíslason 2003). Borstaðurinn við Engidalskvísl er um 5 km í norð-norð-vestur frá Kolviðarhól, en þó svo að farið sé þetta langt norður á Mosfellsheiðina, þá er ekki náð norður fyrir grunnvatnshásléttuna (sjá kafla 2.4). Þetta veldur því að vatnaskilin milli Þingvallastraumsins og Selvogsstraumsins eru að sveiflast norður og suður um Engidalskvísl, og skiljuvatnið berst því inn á grunnvatnshásléttuna, og dreifist þar í alla grunnvatnsstraumana þrjá. Taftími skiljuvatnsins í grunnvatnskerfinu verður að sama skapi langur, meira en 25 ár áður en jafnvægi er náð, og með tíð og tíma verður áhrifasvæði skiljuvatnsblöndunar mjög víðfeðmt í Svínahrauni og Mosfellsheiði. Til að koma í veg fyrir „bakflæði“ inn í grunnvatnshásléttuna þyrfti að fara nokkrum kílómetrum norðar á heiðina, en slík dæling yrði ekki hagkvæm, auk þess sem að lítið blandaður grunnvatnsstaumur næði Þingvallavatni. Selvogsstaumurinn hefur þá sérstöðu að hann streymir allur fram neðanjarðar, þ.e. að á vatnasviði hans eru engar uppsprettur eða stöðuvötn, og því gilda þar ekki varnir gegn mengun yfirborðsvatns til verndunar lífríkis, auk þess sem enginn vatnsból þéttbýliskjarna nýtir vatn úr honum. Öðru máli gegnir um Elliðavatnsstrauminn og Þingvallastrauminn. Í þeim fyrrnefnda eru uppsprettur við Lækjarbotna og Gvendarbrunna, og fellur vatn frá þeim í Elliðavatn og þaðan um Elliðaár til sjávar. Þá fellur Elliðavatnsstraumurinn um vatnsverndarsvæði höfuðborgarsvæðisins og Þingvallastraumurinn fellur í viðkvæmt lífríki Þingvallavatn. Á mynd 55 eru sýndar niðurstöður reikninga þar sem niðurrennsli skiljuvatns við Engidalskvísl er 800 l/s, og dælt er upp 2000 l/s í Þrengslum. Við þessar aðstæður dreifist skiljuvatnið í alla grunnvatnsstraumana, og fellur reiknaður styrkur



arsen í efstu 100 m í Elliðavatsstraumnum í flokk III: Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki (5-15  $\mu\text{g/l}$ ) samkvæmt reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns þar sem fjallað er um yfirborðsvatn til verndunar lífríkis. Þetta vatn kæmi fram í uppsprettum sem falla í Náttahagtjörn við Lækjarbotna, í Gvendarbrunnum og Elliðaárvatni.



Mynd 55. Elliðavatsstraumur. Grænn flötur sýnir styrk arsen 5–15  $\mu\text{g/l}$  í efstu 100 m grunnvatns.

Reiknað er með að til þess að dæla 2.000 l/s þurfi að bora allmargar holur á vatnstökusvæðinu, og er reiknað með 2,6 km<sup>2</sup> brunnsvæði. Þrengslasvæðið er óheppilegt sem brunnsvæði þar sem að þjóðvegir liggja um svæðið og vegna landþrengsla yrði að velja dæluholum stað meðfram eða nærri umferðaræðunum. Þessum valkosti var því hafnað, og eru meginforsendur þessar:

1. Langur taftími og mikil útbreiðsla skiljuvatns í grunnvatni
  2. Hætta á megun yfirborðsvatns í Elliðavatsstraumi
  3. Þjóðbrautir liggja um brunnsvæði í Þrengslum
- Aðrir valkostir þar sem skiljuvatnið lendir inn á vatnasviði grunnvatnshásléttunnar bregðast svipað við og lýst er hér að ofan. Taftími er mjög langur og skiljuvatnið safnast upp og dreifist síðan á alla grunnvatnsstrauma. Þingvallastraumurinn og Elliðavatsstraumurinn eru viðkvæmir þar sem þeir fæða uppsprettur og stöðuvötn. Selvogsstraumurinn virðist best fallinn til að taka við skiljuvatni, bæði er þar mikið vatnsmagn á ferð, þannig að þynning verður mikil, og eins skilar hann vatninu fljótast til sjávar. Hann fæðir engar uppsprettur, og engin vatnsból eru á leið hans til sjávar.

### 7.1.8 Niðurrennsli sveita

Eftirfarandi fyrirkomulag við niðurrennsli sveitu og lagnaleið niðurrennsliæðar voru könnuð.

- Sá möguleiki að grafa pípu í jörð hefur verið skoðaður og er af tæknilegum ástæðum ekki talinn koma til greina, einkum vegna þess hve heitur vökvinn er sem veita á um lögnina.

- Önnur lega niðurrennsliðaðar frá virgjuninni var skoðuð. Liggur hún meðfram núverandi slóðum og vegum að Hamragilsvegamótum. Þar þverar hún Suðurlandsveg og liggur vestan Þrengslahnúks og Gráhnúks í jaðri Svínahrauns, síðan yfir það á kafla að fyrirhuguðu niðurrennsliðsvæði í Þrengslum. Þessi leið liggur með gönguleið sem einnig er forn leið og hefði í för með sér meira rask en sú leið sem var valin.

### 7.1.9 Hitaveituæð

Skoðaðir voru nokkrir möguleikar á fyrirkomulagi og leið hitaveituæðar til Reykjavíkur:

- Í matsáætlun kemur fram að möguleikinn að leggja niðurgrafna hitaveituæð verði borinn saman við að pípau verði á yfirborði. Lögn á yfirborði var ekki valinn m.a. vegna þess hversu áberandi slíkt mannvirki er. Einnig getur slíkt lögn takmarkað umferð um svæði sem hún liggur um. Jafnframt er talið öruggara að hafa pípuna niðurgrafna.
- Sá möguleiki að leggja hitaveituæð frá virgjun á Hellisheiði að Nesjavallaæð og fylgja henni síðan að Reynisvatnsheiði var kannaður. Þar sem þessi leið er lengri en sú sem var valin hefði það í för með sér talsvert aukinn kostnað við hitaveituæðina. Hún er því ekki talin koma til greina.
- Athugaður var sá möguleiki að leggja hitaveituæð fyrir norðan Svínahraun. Þessi leið er einnig lengri.
- Jafnframt var könnuð leið sem liggur meðfram núverandi háspennulínum alla leiðina til Reykjavíkur. Með því að fylgja sem lengst gamla þjóðveginum um Svínahraun verður minna jarðrask í úfnu óröskuðu hrauni. Einnig verður lögnin fjær sérstæðum hraunbollum sem vert þykir að hlífa.

### 7.1.10 Námu

Í matsáætlun voru kynntir fimm mögulegir efnistökuastaðir. Á efra svæði kemur svæði A5 ofan við Hamragil eingöngu til greina sem líklegur staður fyrir námu. Hann er mjög áberandi frá Suðurlandsvegi og var því ekki valinn. Til að draga úr áhrifum af efnistöku er stefnt að því að opna aðeins eina nýja námu í Hamragili á neðra virgjunarsvæðinu. Áætlað er að þar sé nægilegt fyllingarefni fyrir virgjunarsvæðið, ef efnið reynist heppilegt. Fyrirhugað efnistökusvæði sem merkt er A7 í matsáætlun hefur verið minnkað og takmarkast við eldri námu framan við Hamragil, sem verður dýpkuð og nýtt fyrir uppgröft.

## 7.2 Núll kostur

Hér er fjallað um núll kost, það er þann möguleika að ekki verði af virgjunarframkvæmdum á Hellisheiði. Ef ekkert verður af framkvæmdum má reikna með að rannsóknaborholum Orkuveitu Reykjavíkur á Hellisheiði verði lokað þar til annað verður ákveðið um nýtingu jarðhitasvæðisins. Náttúran og umhverfið munu þá þróast eftir eigin lögmálum án áhrifa virgjunar á svæðinu.

Verði ekki ráðist í framkvæmdina verður ekki hægt að standa við markmiðið með byggingu virgjunarinnar, sem er að mæta aukinni eftirspurn atvinnuvega og almennings eftir raforku og varma. Orkuveita Reykjavíkur getur þá ekki afhent stóriðju raforku og mundi það hafa efnahagsleg áhrif á landsvísu. Til að koma í veg fyrir skort á heitu vatni þarf að leita annarra leiða til að Orkuveitan geti uppfyllt skyldu sína við neytendur. Reikna má með að útvega þurfi raforku og að framleiða þurfi heitt vatn til upphitunar á höfuðborgarsvæðinu með öðrum hætti í náninni framtíð. Verða hér taldir upp nokkrir möguleikar:

- Möguleiki að virkja annað jarðhitasvæði er ekki fyrir hendi. Ekkert jarðhitasvæði í nágrenni höfuðborgarinnar hefur verið nægilega rannsakað til að þar sé hægt að reisa virgjun til framleiðslu á heitu vatni nógu fljótt til að svara hratt vaxandi eftirspurn.

- Mögulegt er að auka afköst varmastöðvarinnar á Nesjavöllum. Miðað við þekkingu á jarðhitasvæðinu á Nesjavöllum í dag er ekki talið ráðlegt að auka vinnslu á svæðinu. Hugsanlegt er að hætta rafmagnsframleiðslu í virkjuninni og fá með því aukningu um 100 MW í varmaframleiðslu. Það kallar á byggingu nýrrar Nesjavallaæðar og getur fullnægt áætlaðri aukningu í heitavatnsþörf næstu 4-5 ára. Orkuveita Reykjavíkur getur þá ekki staðið við samninga um raforkuafhendingu.
- Þriðji möguleikinn er að byggja kyndistöð á höfuðborgarsvæðinu til heitavatnsframleiðslu. Slíka stöð þarf að kynda með jarðefnaeldsneyti, sem hefur í för með sér mun meiri losun á koldíoxíði en jarðvarmavirkjun á Hellsheiði, sjá mynd 36.



## 8 VÖKTUN OG EFTIRLIT

### 8.1 Inngangur

Eftirlit með hugsanlegum áhrifum jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði verður, eftir því sem við á, með svipuðu sniði og verið hefur á Nesjavallasvæðinu og eru á ábyrgð og í umsjón Orkuveitu Reykjavíkur. Framkvæmdin verður annað hvort í höndum Orkuveitunnar eða annarra sérfræðinga eins og verið hefur. Kerfiráður virkjunarinnar safnar upplýsingum um alla helstu þætti rekstrar. Auk þess er fyrirhuguð vöktun og eftirlit með eftirfarandi þáttum:

### 8.2 Eftirlit með jarðhitasvæðinu

- Vikulegar mælingar á holutoppsprýstingi og vatnsborði, einnig mælingar á afli holna ef þær blása í hljóðdeyfi.
- Fylgst með afli holna þegar tækifæri gefast, a.m.k. einu sinni á ári.
- Fylgst með efnainnihaldi borholuvökva a.m.k. einu sinni á ári frá borholum í rekstri.
- Fylgst með þrýstingi og hita í jarðhitakerfinu einu sinni á ári.
- Líkanreikningar verða endurskoðaðir á um 5 ára fresti eða oftár ef þörf er á.

### 8.3 Eftirlit með breytingum á landi við vinnslu

- Fylgst verður með landbreytingum með nákvæmum landmælingum eins og verið hefur á Hengilssvæðinu.
- Fylgst verður með þyngdarbreytingum eins og verið hefur á Hengilssvæðinu.
- Fylgst verður með breytingum á virkni yfirborðsjarðhita eins og verið hefur á Hengilssvæðinu.

### 8.4 Eftirlit með lífríki

- Gróður. Að tillögu Líffræðistofnunar Háskóla Íslands (Rannveig Thoroddsen 2002) verður fylgst með gróðurbreytingum ef séð verður fram á að mikið gufuúttreymi liggi yfir sérstæðan gróður í nágrenni virkjunarinnar. Einnig verður sérstaklega fylgst með gróðri og plöntutegundir skráðar kringum svæði þar sem jarðhiti er á yfirborði.
- Fuglar. Að tillögu Líffræðistofnunar Háskóla Íslands (Arnþór Garðarson 2002) verður talning fugla endurtekin á völdum sniðum á röskuðu og óröskuðu landi 5 til 10 árum eftir gangsetningu virkjunarinnar. Þannig mætti meta hugsanleg áhrif virkjunarinnar.

### 8.5 Eftirlit með grunnvatni

- Fylgst verður með grunnvatnshæð í borholum á rannsóknarsvæðinu og verða síritandi vatnsborðsmælar settir í valdar holur.
- Grunnvatnslíkan af svæðinu verður endurskoðað með nýjum gögnum eftir því sem þörf er á.
- Hitamælt verður reglulega í völdum eftirlitsholum.
- Sýni verða tekin tvisvar á ári í völdum eftirlitsholum. Öll aðalefni í vatni verða greind.
- Sýni til snefilefna mælinga verða tekin á um 5 ára fresti í völdum eftirlitsholum.

- Sýni tekin reglulega til efnamælinga, í eftirlitsholu sunnan Lambafells, til að fylgjast með afdrifum affallsvatns sem losað verður í niðurrennslisholur austan Lambafells. Nánar er fjallað um það hvernig eftirliti með niðurrennsli verður háttáð í kafla 5.3.

### **8.6 Eftirlit með breytingum á frárennsli**

- Magn og efnainnihald affallsvatns frá virkjun verður skráð.
- Sýni til snefilefnamælinga verða tekin á um 5 ára fresti.
- Magn og efnainnihald jarðhitaloftegunda frá virkjun verður skráð.
- Stakar mælingar verða gerðar á styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti.

### **8.7 Aðrir þættir**

- Veðurathuganir verða stundaðar áfram í samvinnu við Veðurstofu Íslands.

## 9 KYNNING OG SAMRÁÐ

### 9.1 Almenn

Haft hefur verið samráð við Skipulagsstofnun, umsagnaraðila, leyfisveitendur og almenning í samræmi við lög nr. 106/2000 um mat á umhverfisáhrifum.

Fyrirhuguð framkvæmd hefur verið kynnt á heimasíðu Orkuveitu Reykjavíkur, [www.or.is](http://www.or.is), og Verkræðistofu Guðmundar og Kristjáns hf., [www.vgk.is](http://www.vgk.is).

### 9.2 Kynning matsáætlunar

Drög að matsáætlun voru kynnt á fundum með helstu umsagnar- og hagsmunaaðilum í janúar 2002. Jafnframt var leitað eftir þeim atriðum sem viðkomandi aðilar vildu leggja áherslu á í matsferlinu. Fundað var með eftirtöldum aðilum:

- Skipulagsstofnun
- Sveitarfélaginu Ölfusi
- Heilbrigðiseftirliti Suðurlands
- Heilbrigðiseftirliti Reykjavíkur
- Heilbrigðiseftirliti Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis
- Náttúruvernd ríkisins, nú Umhverfisstofnun
- Hollustuvernd ríkisins, nú Umhverfisstofnun
- Fornleifavernd ríkisins
- Orkustofnun – Auðlindadeild
- Íþrótt- og tómstundaráði Reykjavíkur, skíðadeild ÍR og skíðadeild Víkings
- Vegagerðinni
- Landmótun ehf. vegna gerðar aðalskipulags Sveitarfélagsins Ölfuss.

Jafnframt var tillagan auglýst í dagblöðum í byrjun febrúar 2002 og kynnt almenningi með opnum fundi í Þorlákshöfn 6. febrúar. Jafnframt var tillaga að matsáætlun aðgengileg á netinu.

Eftirfarandi eru helstu athugasemdir og ábendingar sem gerðar voru við tillögu að matsáætlun:

1. Skipulagsstofnun benti í ákvörðun sinni um tillögu að matsáætlun á mikilvægi þess að fjalla í matskýrslu um áætlað magn affallsvatns frá virkjuninni og mat á áhrifum mismunandi kosta förgunar þess á grunnvatn. Einnig þurfi að koma fram afmörkun vinnslusvæðis virkjunarinnar og greina frá staðsetningu, umfangi vegslóða og áætlaðri efnisþörf. Þá þurfi að fjalla möguleikann á niðurgrofnum safnæðum.
2. Heilbrigðiseftirlit Suðurlands benti á að heilbrigðisnefnd Ölfuss hefði verið sameinuð heilbrigðisnefnd Suðurlands, en heilbrigðisnefnd veitir starfsleyfi fyrir virkjunina samkvæmt lögum nr. 7/1998 og reglugerð nr. 785/1999.
3. Vegagerðin benti á að gera verður grein fyrir tengingu virkjunarsvæðisins við þjóðveg 1 – Suðurlandsveg, í samráði við stofnunina, samanber vegalög nr. 45/1994.
4. Skipulagsstofnun lagði áherslu á að fyrirhugaðar framkvæmdir þurfi að vera í fullu samræmi við skipulagsáætlanir Ölfuss. Stofnunin gerði skriflega grein fyrir athugasemdum við drög að tillögu að matsáætlun.
5. Orkustofnun gerði athugasemd við orðalag um leyfi til vinnslu raforku í kafla 1.6. þar sem iðnaðarráðherra veitir leyfið að fenginni heimild Alþingis.



6. Náttúruvernd ríkisins, Sveitarstjórn Ölfuss og Heilbrigðiseftirlit Suðurlands hafa bent á að æskilegt væri að Orkuveita Reykjavíkur setti fram heildarstefnu um virkjanir á Hellsheiði.

Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis benti á að kanna þurfi hugsanleg áhrif á öryggi vatnsverndar í nágrenni höfuðborgarsvæðisins og á vatn sem rennur í Elliðavatn. Einnig að upplýsa þurfi Heilbrigðiseftirlitið um mengunarvarnir við framkvæmdir og kanna hugsanleg áhrif á hljóðvist og loftgæði í íbúða- og frístundabyggð næst framkvæmdasvæðinu.

Að lokinni endurskoðun tillögu að matsáætlun þar sem leitast var við að verða við þeim sjónarmiðum sem fram komu á ofangreindum fundum var tillagan lögð fram hjá Skipulagsstofnun 22. febrúar og féllst stofnunin á hana með athugasemdum 2. apríl 2002.

### 9.3 Kynning matsskýrslu

Í matsferlinu hefur verið samstarf við Skipulagsstofnun, leyfisveitendur, aðra hagsmunaaðila og sérfræðinga á ýmsum sviðum með misjafnlega formlegum hætti. Greint er frá því hér á undan hvernig kynningu og samráði var háttáð við gerð áætlunar um mat á umhverfisáhrifum.

Aðalskipulag Sveitarfélagsins Ölfus er í vinnslu og hefur m.a. vegna þessa verið virkt samráð allan tímann milli Orkuveitunnar og sveitarfélagsins, ásamt skipulagsráðgjafa. Þá hefur einnig verið haft samband við Skipulagsstofnun, Heilbrigðiseftirlit Suðurlands, Vegagerðina, Umhverfisstofnun, Orkustofnun og Fornleifavernd ríkisins út af vissum þáttum matsins.

Á vegum Orkuveitu Reykjavíkur var haldinn fundur í janúar 2002 með ferðapjónustuaðilum og fulltrúum skíðafélaga á Hengilssvæðinu um ferðamennsku á Hellsheiði og Nesjavöllum. Mættu þar fulltrúar frá Rannsóknnum og ráðgjöf ferðapjónustunnar, Íslenskum ævintýraferðum, Félagi íslenskra leiðsögumanna, Landmótun ehf, Íslenskum fjallaleiðsögumönnum, skíðadeildum ÍR og Víkings, Allrahanda og Eldhestum. Á fundinum kom fram að þessir aðilar eru almennt jákvæðir gagnvart virkjun á Hellsheiði. Einnig kom fram að skíðafélögin vonast til að geta starfað áfram á Hengilssvæðinu við hlið virkjunar. Bent var á verðmæti Hengilssvæðis með tilliti ferðamennsku og útivistar m.a. annars vegna nálægðar við höfuðborgarsvæðið. Rætt var um líkur á því að virkjunarsvæðið og nágrenni þess geti orðið vinsæll viðkomustaður ferðamanna. Þá var rætt um mikilvægi þess að bæta aðstöðu fyrir ferðamenn á svæðinu og halda opnum göngu- og reiðleiðum. Bent var á að liður í því að útivist og virkjun jarðhita á Hellsheiði geti farið saman geti verið að veita aðgang að fræðslu um umhverfið, náttúrufar og sögu svæðisins í tengslum við virkjunina. Bent var á að blásandi borholur hafa mikið aðdráttarafl fyrir ferðamenn.

Framkvæmdin og hugsanleg áhrif hennar hafa einnig verið kynnt skíðadeildum ÍR og Víkings sem eru með starfsemi í Hamragili og Sleggjubeinsdal. Félagin telja að útivist og jarðhitavinnsla geti farið saman og muni ekki hafa mikil áhrif á skíðasvæðunum og óska eftir áframhaldandi samráði þegar að framkvæmdum kemur.

Skipulagsstofnun fékk drög að matsskýrslu til skoðunar í september 2003. Einnig voru viðkomandi kaflar draganna bornir undir þá sérfræðinga sem lögðu til efni í matsskýrslu. Jafnframt voru niðurstöður mats á umhverfisáhrifum á sviði eftirtalinna umsagnaraðila kynntar þeim á fundum:

- Sveitarfélaginu Ölfusi
- Heilbrigðiseftirliti Suðurlands
- Mosfellsbæ
- Umhverfisstofnun

Í endanlegri útgáfu að matsskýrslu hefur verið tekið tillit til athugasemda sérfræðinga við drög að skýrslunni. Einnig hefur verið unnið úr ábendingum og athugasemdum Skipulagsstofnunar við drögin ásamt þeim ábendingum sem fram komu á fundum með ofangreindum umsagnaraðilum. Eftirfarandi er

yfirlit yfir helstu athugasemdir og ábendingar sem komu fram á fundunum og við skoðun Skipulagsstofnunar á drögum varðandi umfjöllun í matsskýrslu.

1. Markmið framkvæmdar einkum þörfina á aukinni framleiðslu á heitu vatni.
2. Umfjöllun um mismunandi kosti á fyrirkomulagi virkjunar og aðra möguleika sem hafa verið skoðaðir.
3. Upplýsingar um umfang, staðsetningu og afmörkun framkvæmdar sem lögð er fram til úrskurðar.
4. Rask af völdum framkvæmda og áhrif þess m.a. á gróður, jarðmyndanir og fornleifar.
5. Áhrif losunar affallsvatns á grunnvatn í Ölfusi og samanburð við aðra möguleika en niðurrennsli við Lambafell.
6. Áhrif tímabundinnar losunar á yfirborði í nágrenni stöðvarhúss við Kolviðarhól.
7. Áform um niðurrennsli í jarðhitageyminn.
8. Hugsanleg lyktarópægindi vegna útblásturs jarðhitalofttegunda.
9. Áhrif á skipulag, s.s. skilgreining vatnsverndarsvæðis við Engidalskvísl, og iðnaðarsvæðis á virkjunarsvæðinu.
10. Breyting á aðalskipulagi Mosfellsbæjar vegna hitaveituæðar.
11. Aðkomu á virkjunarsvæðið og vegtengingar.
12. Lagnaleiðir og hvort vegslóðar verði með lögnum.
13. Samanburð á áhrifum af niðurgröfnum lögnum og lögnum á yfirborði.
14. Opnun nýrrar námu og frágang í námum á virkjunarsvæði.
15. Áhrif blásandi borholna, m.a. fram að gangsetningu virkjunar.
16. Mat á sjónrænum áhrifum, m.a. myndræn framsetning í matsskýrslu.
17. Hverjir beri ábyrgð á áætlaðri vöktun og eftirliti.
18. Flutningur raforku frá virkjun.
19. Nýting náttúruauðlinda og áhrif á jarðhita og orkuforða.

Þegar Skipulagsstofnun hefur tekið endanlega matsskýrslu til athugunar og auglýst framkvæmdina formlega mun Orkuveita Reykjavíkur kynna hana opinberlega. Opið hús verður haldið í Ölfusi og í Reykjavík þar sem framkvæmd og niðurstöður mats á umhverfisáhrifum fyrirhugaðrar virkjunar á Hellisheiði verður kynnt almenningi m.a. á veggspjöldum. Einnig verður haldinn kynningarfundur fyrir eftirtalda umsagnar- og hagsmunaaðila í húsi Orkuveitunnar að Bæjarhálsi í Reykjavík:

- Sveitarfélagið Ölfus
- Mosfellsbæ
- Reykjavíkurborg
- Skipulagsstofnun
- Heilbrigðiseftirlit Suðurlands
- Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur
- Heilbrigðiseftirliti Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis
- Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis
- Umhverfisstofnun
- Fornleifavernd ríkisins

- Iðnaðar-og viðskiptaráðuneyti
- Orkustofnun
- Íþróttá- og tómstundaráð Reykjavíkur
- Skíðafélög á Hengilssvæði
- Vegagerðina
- Landgræðsluna
- Landvernd
- Náttúruverndarsamtök Íslands



## ORÐSKÝRINGAR

Eftirfarandi orð eru notuð með þessum hætti í matsskýrslunni:

<b>Aðveituæðar</b>	Pípur/ eða rör sem flytja jarðhitavatn og gufu frá skiljustöð til stöðvarhúss.
<b>Affallsvatn</b>	Samheiti yfir skiljuvatn og þéttivatn sem veitt er frá virkjuninni eftir lögng frá stöðvarhúsi að niðurrennsliðsvæði.
<b>Afloftari</b>	Í afloftara losna uppleystar lofttegundir úr vatni við suðu.
<b>Borholuvökvi</b>	Gufa og vatn sem kemur upp um borholur.
<b>Borleðja</b>	Við boranir er vatn oft blandað borleir til þess að auðvelda skolun borsvarfs upp holuna.
<b>Borsvæði</b>	Afmarkaður hluti jarðhitasvæðis þar sem fyrirhugað er að bora eftir vatni og gufu. Mörg borstæði eða borteigar eru á einu borsvæði.
<b>Borstæði</b>	Í daglegu tali kallað borplan. Afmarkað svæði innan borsvæðis þar sem boranir fara fram.
<b>Borteigur</b>	Stækkað borstæði með rými til að bora fleiri en eina borholu.
<b>Eftirlitsholur</b>	Borholur þar sem fylgst verður með grunnvatni, s.s. vatnsborði í holum, hitastigi vatnsins og vatnssýni tekin til efnagreininga.
<b>Eimsvali</b>	Varmaskiptir þar sem gufa frá gufuhverfli er þétt með köldu vatni úr vatnsbóli eða kæliturni virkjunarinnar.
<b>Ferilprófun</b>	Aðferð til að mæla hvort og þá hversu lengi grunnvatnsstraumur berst á milli tveggja eða fleiri athugunarstaða. Efni af þekktri efnasamsetningu er sett t.d. í borholu og sýni tekin á völdum stöðum til efnagreininga m.t.t. ferilefnisins.
<b>Gufuháfur</b>	Háfur þar sem umframgufu er hleypt út.
<b>Gufuskilja</b>	Tæki þar sem vatn er skilið frá gufu.
<b>Gufuveita</b>	Öll mannvirki sem þarf til að flytja borholuvökva frá borholum í skiljustöð, skilja gufu frá vatni, og veita gufu og skiljuvatni að stöðvarhúsi.
<b>Hitaveituæð</b>	Pípa sem lögð er frá varmastöð virkjunar til að leiða heitt vatn að dreifiveitu.
<b>Hverfill</b>	Vél sem breytir gufuorku í hreyfiorku.
<b>Jarðhitaloft- tegundir</b>	Lofttegundir eins og t.d. brennisteinsvetni og koldíoxíð sem myndast í bráðinni kviku undir jarðhitasvæðum. Gasið berst til yfirborðs um sprungur í berginu og í eldgosum. Við vinnslu jarðhita berst það upp með jarðhitavökvanum úr borholum.
<b>Jarðhitasvæði</b>	Landsvæði afmarkað með jarðhitaummerkjum á yfirborði eða með yfirborðsmælingum.
<b>Kæliturn</b>	Varmaskiptir þar sem kælivatn er kælt með því að láta loft leika um það.
<b>Lokahús</b>	Lokahús hýsir stjórnloka fyrir gufu og skiljuvatn.
<b>Niðurrennslisholur</b>	Borholur þar sem affallsvatn er losað djúpt niður í grunnvatn eða í jarðhitageyminn.
<b>Niðurrennsliðsvæði</b>	Lagnir fyrir affallsvatn frá stöðvarhúsi að niðurrennslisholum.
<b>Rafali</b>	Vél sem breytir hreyfiorku í raforku.
<b>Rakaskiljur</b>	Sía sem hreinsar vatn úr gufu.
<b>Safnað</b>	Pípa sem flytur borholuvökva frá borholum að safnaðastofni.

---

<b>Safnæðastofn</b>	Pípa sem tekur við borholuvökva úr nokkrum safnæðum og flytur hann í skiljustöð.
<b>Skiljustöð</b>	Mannvirki fyrir gufuskiljur.
<b>Skiljuvatn</b>	jarðhitavatn sem skilið hefur verið frá gufu og inniheldur megnið af öllum uppleystum steinefnum.
<b>Snefilefni</b>	Eru frumefni og efnasambönd, sem eru til staðar í mjög litlum mæli.
<b>Stjórnloki</b>	Loki til að stjórna rennsli gufu og vatns.
<b>Svarfpró</b>	Þró þar sem svarf, borleðja og sement frá borholum safnast fyrir við borun.
<b>Varmaskiptir</b>	Búnaður þar sem varmaorka er flutt úr einum miðli í annan.
<b>Vinnslusvæði</b>	Svæði þar sem jarðhiti er unninn. Þar sem borholur eru stefnuboraðar getur vinnslusvæði náð út fyrir borsvæði.
<b>Virkjunarsvæði</b>	Framkvæmdasvæði virkjunar, sem skiptist í efra og neðra virkjunarsvæði.
<b>Þéttivatn</b>	Vatn sem hefur þétt úr gufu.

**SÉRFRÆÐISKÝRSLUR**

Adolf Friðriksson og Uggi Ævarsson, 2003. *Greinargerð um fornleifar hjá HellisheiðarvirkJun*. Fornleifastofnun Íslands, Reykjavík. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Arnþór Garðarson, 2002. *Könnun á fuglalífi á Hengli og Hellisheiði vorið 2001*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 58. Reykjavík. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Birna Lárusdóttir og Sædís Gunnarsdóttir, 2003. *Fornleifakönnun á Hellisheiði vegna virkjunar*. Fornleifastofnun Íslands, FS216-03101. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Gestur Gíslason, 2003. *Áhrif niðurrennslis jarðhitavatns á grunnvatn – Grunnvatnslíkan af Hellisheiði*. Greinargerð GG-2003-04. Orkuveita Reykjavíkur.

Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson, 2003. *Reiknilíkan af jarðhitakerfum í Hengli og spár um framtíðarástand við allt að 120 MW rafmagnsframleiðslu á Hellisheiði og 120 MW á Nesjavöllum*. Íslenskar orkurannsóknir. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. OS-2003/???

Guðmundur Guðjónsson, 2003. *Gróðurkort af vatnsverndarsvæði og áhrifasvæði heitavatnslagnar vegna HellisheiðarvirkJunar*. Náttúrufræðistofnun Íslands, Reykjavík. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. NÍ-03011.

Iris Hansen og Jón S. Ólafsson, 2002. *Smádýralíf á Hellisheiði, við Stóra-Reykjafell, Skarðsmýrarfjall, í Hellisskarði og Sleggjubeinsskarði, könnun sumarið 2001*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 60. Reykjavík. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason, 2002. *Smádýralíf í vötnum á Hellisheiði, könnun í júlí 2001*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 59. Reykjavík. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Kristján Sæmundsson, 2003. *HellisheiðarvirkJun jarðfræðilegar aðstæður á virkjunarsvæði*. Íslenskar Orkurannsóknir. Greinargerð KS 03/02, unnin fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Rannveig Thoroddsen, 2002. *Flóra og gróður á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæðinu*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 62. Reykjavík. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Rögnvaldur Guðmundsson, 2003. *JarðvarmavirkJun á Hellisheiði, áhrif á útivist og ferðamennsku*. Rannsóknir og ráðgjöf ferðapjónustunnar fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Tryggvi Þórðarson og Sólveig K. Pétursdóttir, 2002. *Mat á umhverfisáhrifum jarðvarmavirkJunar á Hellisheiði. Athugun á lífríki hvera*. Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 2003. *Grunnvatns- og rennislíkan vegna virkjunar á Hellisheiði*. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Þóra Ellen Þórhallsdóttir, 2002. *Gildi landslags á Hengilssvæðinu*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 61, Reykjavík. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.





**HEIMILDIR**

Adolf Friðriksson og Uggi Ævarsson, 2003. *Greinargerð um fornleifar hjá HellisheiðarvirkJun*. Fornleifastofnun Íslands, Reykjavík. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Alþingi, 2001. *Skýrsla umhverfissráðherra um niðurstöðu 7. aðildarþings Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar*. Sótt 27. nóvember 2001 af <http://www.althingi.is/altext/127/s/0349.html>.

Alþingi, 2003. *Þingsályktun nr. 1326 um samgönguáætlun fyrir árin 2003–2014*, samþykkt á 128. löggjafarþingi 13.03.2003. Sótt 1. júlí 2003 af <http://www.althingi.is/altext/128/s/1326.html>.

Andersen A. og Berentsen E., 2001. *Hengill Skisenter. En idéplan for rehabilitering og videreutvikling av skisenter på Island*. Unnið fyrir Bláfjallanefnd.

Arnþór Garðarson, 2002. *Könnun á fuglalífi á Hengli og Hellisheiði vorið 2001*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 58. Reykjavík.

Auður Þóra Árnadóttir, 2003. *Þróun umferðar um Hellisheiði frá 1990-2002*. Vegagerðin, Reykjavík.

Birna Hallsdóttir, 2001: *Útstreymi loftmengunarefna og útstreymisbókhald. Í Orkuþing 2001. Orku-  
menning á Íslandi. Grunnur til stefnumótunar*. María Jóna Gunnarsdóttir (ritstj.), 308-316. Reykjavík.

Bjarni Bessason, Ragnar Sigbjörnsson og Páll Einarsson, 2003. *Mat á staðbundnum jarðskjálfta-  
áhrifum fyrir orkuver á Hellisheiði*. Rannsóknarmiðstöð í jarðskjálftaverkfræði. Háskóli Íslands. Skýrsla nr. 2003002. Reykjavík.

Dóra Hjálmaradóttir, 2000. *Greinargerð vegna umhverfismats stækkunar orkuvers á Nesjavöllum,  
áfangi 4b*. Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Fornleifastofnun Íslands, 2003. Bréf dags. 29. október 2003.

Gestur Gíslason, 2003. *Áhrif niðurrennslis jarðhitavatns á grunnvatn – Grunnvatnslíkan af  
Hellisheiði*. Greinargerð GG-2003-04. Orkuveita Reykjavíkur.

Gísli Gíslason og Yngvi Þór Loftsson, 1997. *Jarðir Reykjavíkur í Grafningi og Ölfusi. Nesjavellir,  
Ölfusvatn, Úlfljótsvatn og Kolviðarhóll. Landnýtingaráætlun*. Reykjavík.

Gísli Gíslason, 2003. Drög að tillögu að aðalskipulagi Sveitarfélagsins Ölfuss 2002-2014.

Gretar Ívarsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Einar Gunnlaugsson, Kristján H. Sigurðsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1993. *Mælingar á gasi í andrúmslofti*. Orkustofnun og Hitaveita Reykjavíkur.

Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson, 2003. DRÖG. *Reiknilíkan af jarðhitakerfum í Hengli og  
spár um framtíðarástand við allt að 120 MW rafmagnsframleiðslu á Hellisheiði og 120 MW á  
Nesjavöllum*. Íslenskar orkurannsóknir. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. OS-2003/--

Guðmundur Guðjónsson, 2003. *JarðvarmavirkJun á Hellisheiði. Gróðurkort af vatnsverndarsvæði  
og áhrifasvæði heitavatnslagnar*. Náttúrufræðistofnun Íslands. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. NÍ-03011.

Guðmundur R. Jónsson, 2002. *Spálíkön og álagsgreining fyrir mismunandi svæði Orkuveitu  
Reykjavíkur árið 2001*. Verkfræðideild Háskóla Íslands. Varma- og staumfræðistofa. VD-VSS-  
08104002.

Hagtúðindi 1981-2003. Hagstofa Íslands, Reykjavík.

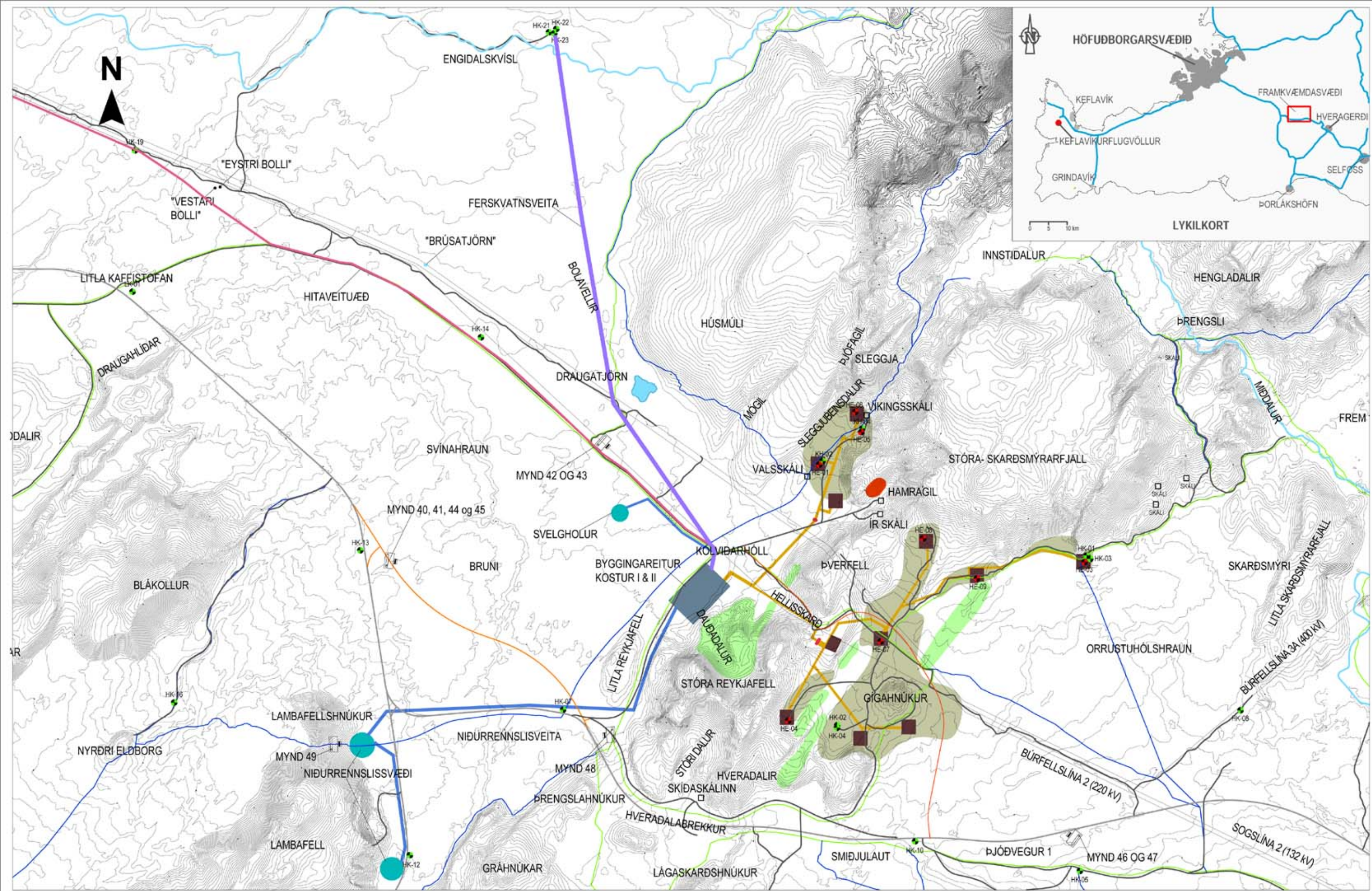
- Halldór Ármannsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Birna Hallsdóttir, 2001: Gasútblástur frá jarðhitasvæðum. Í *Orkuþing 2001. Orkumenning á Íslandi. Grunnur til stefnumótunar*. María Jóna Gunnarsdóttir (ritstj.), 324-330. Reykjavík.
- Hlynur Óskarsson og Jón Guðmundsson, 2001. *Mat á gróðurhúsaáhrifum fyrirhugaðs Háslóns*. RALA, mars 2001. LV-2001/019.
- Hrefna Kristmannsdóttir, 1997. *Umhverfisáhrif jarðhitanytingar*. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur, Hitaveita Suðurnesja, LandsvirkJun og Umhverfisráðuneytið.
- Hunt T., 2000. *Geothermal and the Environment. Lecture 1*. Fyrirlestrar um umhverfisáhrif jarðhitanytingar hjá Jarðhitaskóla Sameinuðu Þjóðanna í Reykjavík 26.-29.september 2000.
- Iðnaðarráðuneytið, 1994. *Innlendar orkulindir til vinnslu raforku*. Reykjavík.
- Iris Hansen og Jón S. Ólafsson, 2002. *Smádýralíf á Hellisheiði, við Stóra-Reykjafell, Skarðsmýrarfjall, í Hellisskarði og Sleggjubeinsskarði, könnun sumarið 2001*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 60. Reykjavík.
- Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason, 2002. *Smádýralíf í vötnum á Hellisheiði, könnun í júlí 2001*. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 59. Reykjavík.
- Kristján Sæmundsson, 1992. Hazards Associated with the Exploitation of High-Temperature Geothermal Fields in Iceland. *Natural Disasters '92*. Reykjavík.
- Kristján Sæmundsson, 1995. *Hengill jarðfræðikort (berggrunnur) 1:50 000*. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur og Landmælingar Íslands.
- Kristján Sæmundsson, 2003. *HellisheiðarvirkJun jarðfræðilegar aðstæður á virkjunarsvæði*. Íslenskar Orkurannsóknir. Greinargerð KS 03/02, unnin fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- Kristmannsdóttir H., Sigurgeirsson K., Ármannsson H., Hjartarson H. and Ólafsson M., 2000. Sulfur gas emissions from geothermal plants in Iceland. *Geothermics* 29, 525-538.
- Landvernd, 2002. *Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma*. Sótt 19. mars 2002 af <http://www.landvernd.is/natturuafll/orkulindir/yfirlit-orku.html>.
- Línuhönnun verkfræðistofa, 1997. *Búrfellslína 3A. Frummat á umhverfisáhrifum 400 kV línu*. Unnið fyrir LandsvirkJun.
- Mosfellsbær og Teiknistofa arkitekta, Gylfi Guðjónsson og félagar ehf. 2003. *Aðalskipulag Mosfellsbæjar 2002 – 2024*.
- Náttúrufræðistofnun Íslands 2003. Bréf til VGK dags. 30. október 2003.
- Náttúruverndarráð, 1996. *Náttúruminjasrá. Skrá um friðlýst svæði og aðrar náttúruminjar*. Reykjavík, 7. útgáfa, 64 bls.
- nes Planners, 2002. Svæðisskipulag höfuðborgarsvæðisins 2001–2024. Unnið fyrir samvinnunefnd um svæðisskipulag á höfuðborgarsvæðinu.
- Orkuveita Reykjavíkur, 2003. DRÖG. HellisheiðarvirkJun. Faghópur Nr. 9. Framtíðarsýn bormála.
- Orrí Vésteinsson, 1998. *Fornleifar á afrétti Ölfushrepps. Fornleifaskráning á Hengilssvæði III*. Unnið fyrir Árbæjarsafn af Fornleifastofnun Íslands. Skýrslur Árbæjarsafns 71.
- Orrí Vésteinsson, 2001. *Greinargerð um fornleifar á Hellisheiði*. Fornleifastofnun Íslands fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- Rannveig Thoroddsen, 2002. Flóra og gróður á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæðinu. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 62. Reykjavík.



- Reykjavíkurborg, 2002. *Aðalskipulag Reykjavíkur 2001 – 2024. Höfuðborg. Alþjóðleg borg. Vistvæn borg.* Reykjavíkurborg, skipulags og byggingarsvið.
- Rögnvaldur Guðmundsson, 2003. *Jarðvarmavirkjun á Hellisheiði, áhrif á útivist og ferðamennsku.* Rannsóknir og ráðgjöf ferðapjónustunnar fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- Sigurður Kristinnsson og Kristján Sæmundsson 1996. *Hengilssvæðið, Gönguleiðir – Staðhættir – Jarðfræði.* Ferðafélag Íslands.
- Skipulagsstofnun, 2003. *Hringvegur 1-d9. Svínahraun - Hveradalabrekka, Sveitarfélaginu Ölfusi. Ákvörðun um matsskyldu Dags. 5. júní 2003.* Sótt í júní 2003 af <http://www.skipulag.is/pages/mau/mauframe.htm>.
- Stuðull, verkfræði og jarðfræðipjónusta og Fjarhitun hf, verkfræðistofa, 2001. *HellisheiðarvirkJun. Könnun á efnisnámmum.* Nr. 016/SG. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- Stuðull, verkfræði og jarðfræðipjónusta og Fjarhitun hf. verkfræðistofa, 2002. *HellisheiðarvirkJun. Könnun á efnisnámmum. Viðauki I.* Nr. 003/SG. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- Tryggvi Þórðarson og Sólveig K. Pétursdóttir, 2002. *Mat á umhverfisáhrifum jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði. Athugun á lífríki hvera.* Rannsókn- og fræðasetur Háskóla Íslands í Hveragerði. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- Umhverfisstofnun, 2003a. *Drög að Náttúruverndaráætlun 2003-2008.* Sótt í maí 2003 af <http://www.ust.is/Natturuvernd/Natturuverndaraaetlun>.
- Umhverfisstofnun, 2003b. *Losun gróðurhúsategunda í Íslandi.* Sótt í júní 2003 af <http://www.ust.is/Mengunarvarnir/Hnattranmengun/nr/205>.
- Verkfræðistofan Vatnaskil, 2003. *Grunnvatns- og rennislíkan vegna virkjunar á Hellisheiði.* Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- VGK og Orkustofnun, 2001. *Stækkun Kröfluvirkjunar í Skútustaðahreppi, Suður-Þingeyjarsýslu um 40 MW<sub>e</sub>. Mat á umhverfisáhrifum.* Unnið fyrir Landsvirkjun.
- VGK, 2000. *Stækkun Orkuvers á Nesjavöllum. Mat á umhverfisáhrifum. Greinargerð um hávaðaútreikninga.* Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- VGK, 2003. *Hljóðstig á framkvæmdasvæði virkjunar á Hellisheiði.* Greinargerð fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- Þóra Ellen Þórhallsdóttir, 2002. *Gildi landslags á Hengilssvæðinu.* Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 61, Reykjavík.
- Þórður Arason og Torfi Karl Antonsson, 2003. *Veðurmælingar á Hellisheiði 2001-2002, Greinargerð 03018.* Veðurstofa Íslands VÍ-TA01.







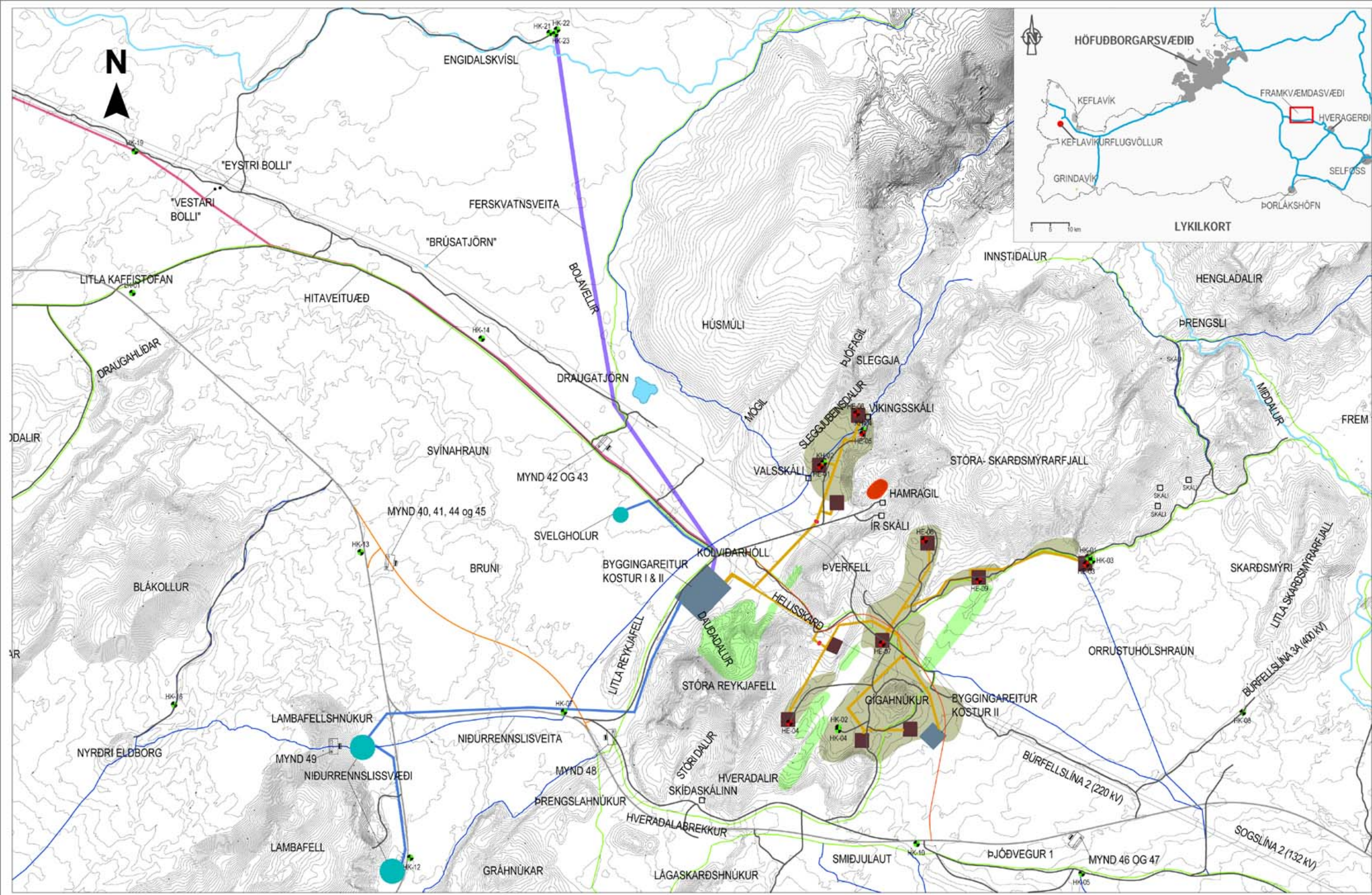
TEIKNING 1. YFIRLITSKORT AF FRAMKVÆMDASVÆÐI VIRKJUNAR Á HELLSHEIÐI KOSTUR I

- SKÝRINGAR -
- RANNSÓKNARHOLA
  - BORTEIGAR
  - BYGGINGAREITUR
  - NÁMA
  - VATNSKÖNNUNARHOLA
  - NYR VEGUR UM FRAMKVÆMDASVÆÐI
  - HITAVEITUÆÐ
  - ÆTTLADAR LAGNALEIÐIR
  - BREYTING Á ÞJÓÐVEGI
  - FERSKVATNSVEITA
  - SKÁLI
  - REIÐLEIÐIR
  - NIÐURRENNSLISSVÆÐI
  - FERSKVATNSVEITA
  - NIÐURRENNSLISSVÆÐI
  - VERNDARSVÆÐI
  - GÖNGULEIÐIR
  - BORSVÆÐI
  - VERNDARSVÆÐI



1 : 30.000  
 5 m hæðarlínur  
 Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.





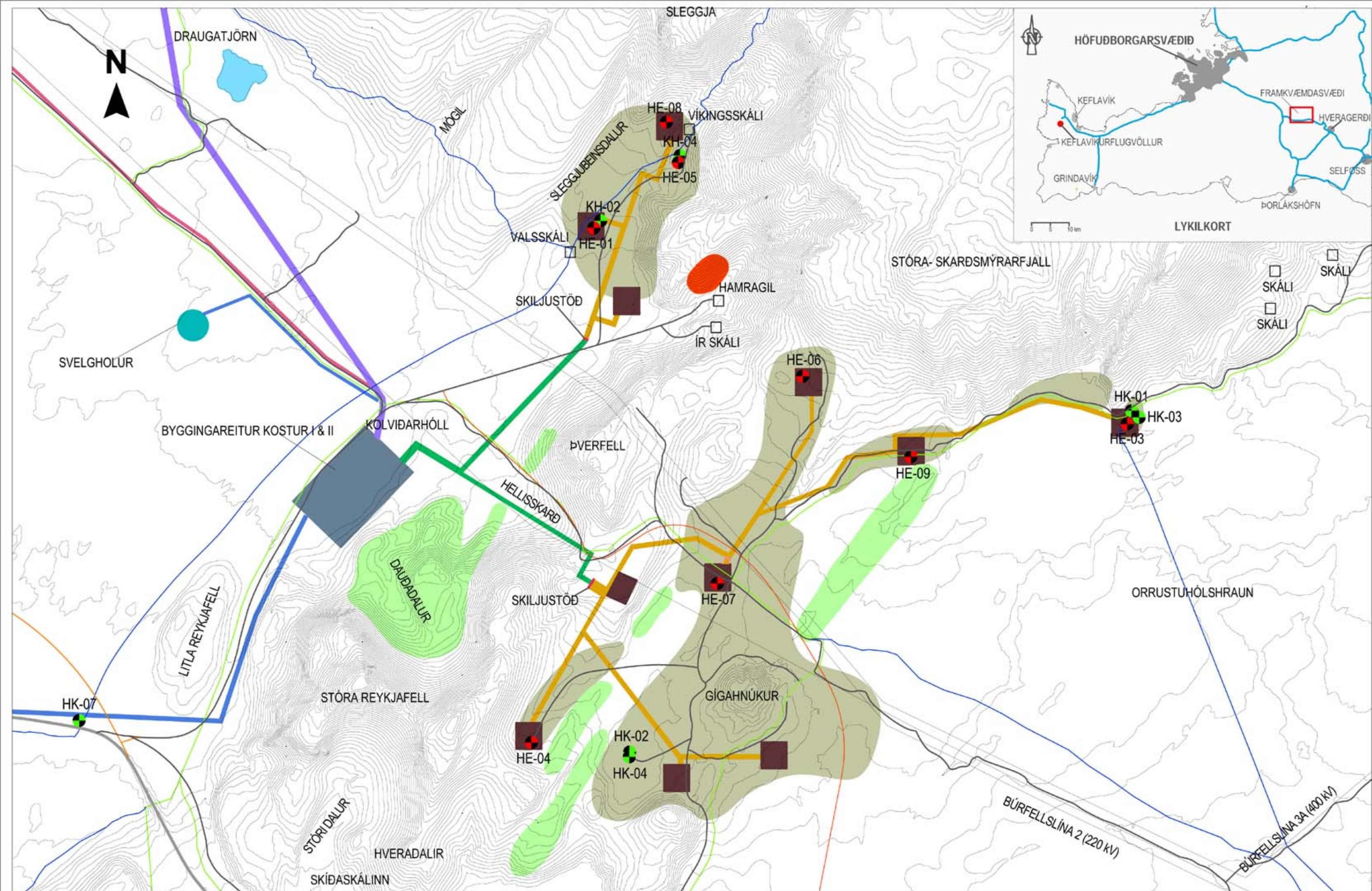
1 : 30 000  
 5 m hæðarlínur  
 Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.

TEIKNING 2. YFIRLITSKORT AF FRAMKVÆMDASVÆÐI VIRKJUNAR Á HELLISHEIÐI KOSTUR II

- SKÝRINGAR -
- RANNSÓKNARHOLA
  - BORTEIGAR
  - BYGGINGAREITUR
  - NÁMA
  - VATNSKÖNNUNARHOLA
  - NYR VEGUR UM FRAMKVÆMDASVÆÐI
  - HITAVEITUÆÐ
  - ÁÆTLAÐAR LAGNALEIÐIR
  - BREYTING Á ÞJÓÐVEGI
  - FERSKVATNSVEITA
  - NÍÐURRENNSLISVÆÐI
  - NÍÐURRENNSLISVEITA
  - REIÐLEIÐIR
  - VERNDARSVÆÐI
  - GÖNGULEIÐIR
  - BORSVÆÐI







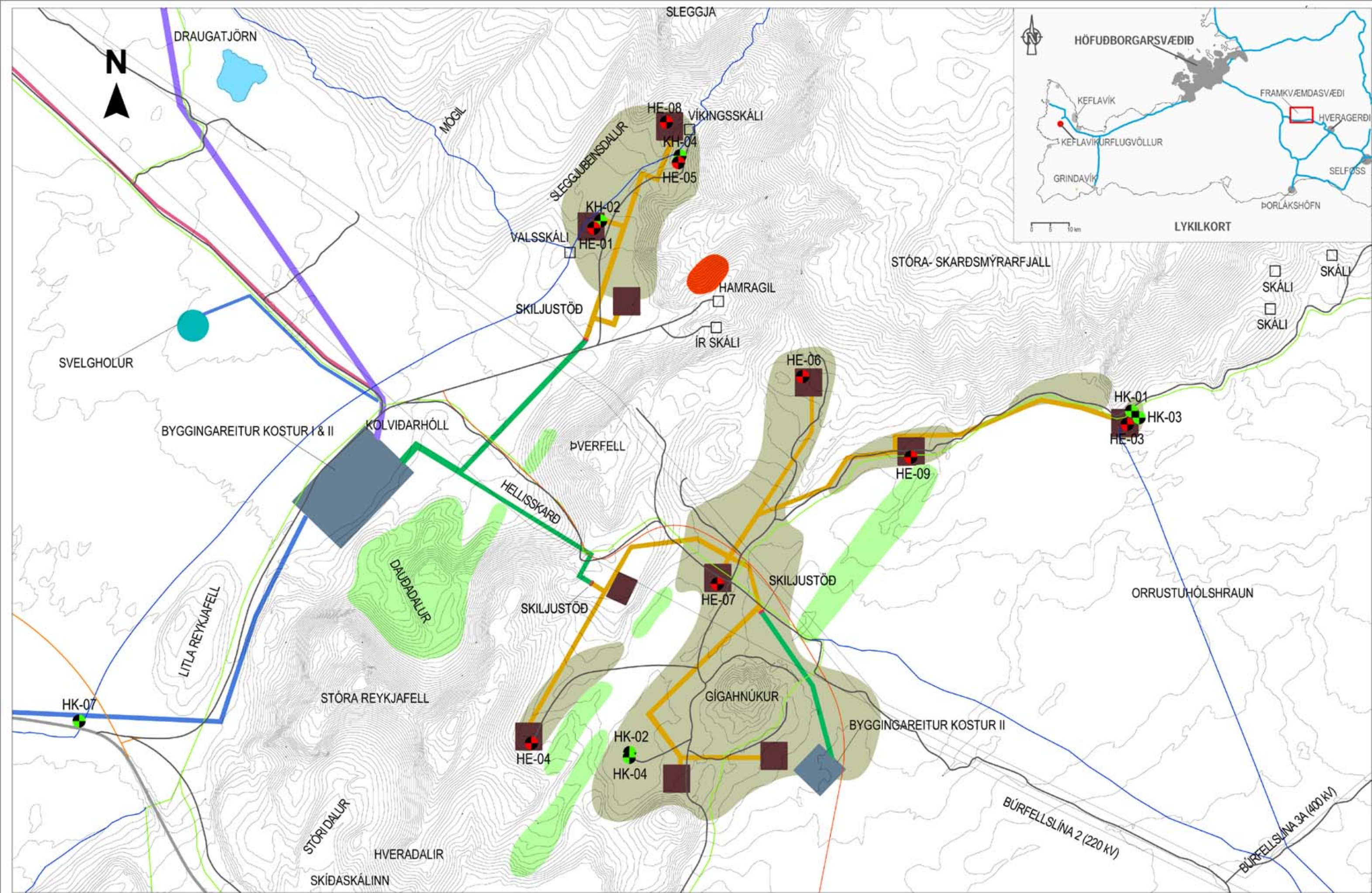
1 : 15 000  
 -150 0 150 300 m  
 5 m hæðarlínur  
 Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.

TEIKNING 3. YFIRLITSKORT AF FRAMKVÆMDASVÆÐI VIRKJUNAR Á HELLISHEIÐI KOSTUR I

- SKÝRINGAR -
- |                            |                              |                    |            |
|----------------------------|------------------------------|--------------------|------------|
| RANNSÓKNARHOLA             | BORTEIGAR                    | BYGGINGAREITUR     | NÁMA       |
| VATNSKÖNNUNARHOLA          | NYR VEGUR UM FRAMKVÆMDASVÆÐI | HITAVEITUÆÐ        | REIÐLEIÐIR |
| ÁÆTLADAR LAGNAL SAFNÆÐA    | BREYTING Á ÞJÓÐVEGI          | FERSKVATNSVEITA    | SKILJUSTÖÐ |
| ÁÆTLADAR LAGNAL ADVEITUÆÐA | NIDURRENNSLISVÆÐI            | NIDURRENNSLISVEITA | SKÁLI      |
| GÖNGULEIÐIR                | BORSVÆÐI                     | VERNDARSVÆÐI       |            |







TEIKNING 4. YFIRLITSKORT AF FRAMKVÆMDASVÆÐI VIRKJUNAR Á HELLISHEIÐI KOSTUR II

1 : 15 000  
 -150 0 150 300 m  
 5 m hæðarlínur  
 Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.

- SKÝRINGAR -
- |                            |                              |                    |            |
|----------------------------|------------------------------|--------------------|------------|
| RANNSÓKNARHOLA             | BORTEIGAR                    | BYGGINGAREITUR     | NÁMA       |
| VATNSKÖNNUNARHOLA          | NYR VEGUR UM FRAMKVÆMDASVÆÐI | HITAVEITUÆÐ        | REIÐLEIÐIR |
| ÁÆTLADAR LAGNAL SAFNÆÐA    | BREYTING Á ÞJÓÐVEGI          | FERSKVATNSVEITA    | SKILJUSTÖÐ |
| ÁÆTLADAR LAGNAL AÐVEITUÆÐA | NIÐURRENNSLISVÆÐI            | NIÐURRENNSLISVEITA | SKÁLI      |
| GÖNGULEIÐIR                | BORSVÆÐI                     | VERNDARSVÆÐI       |            |





## SAMANTEKT

### Almennt

Orkuveita Reykjavíkur áformar að reisa nýja jarðvarmavirkjun til rafmagns- og heitavatnsframleiðslu á sunnanverðu Hengilssvæðinu í Sveitarfélaginu Ölfusi í Árnessýslu. Áætlað er að rafmagnsframleiðsla fullbyggðrar virkjunar verði 120 MW og varmaframleiðsla allt að 400 MW.

Lagðir eru fram til athugunar og úrskurðar tveir kostir á fyrirkomulagi virkjunar. Samkvæmt kosti I er gert ráð fyrir að stöðvarhús fullbyggðrar virkjunar verði reist í nágrenni við Kolviðarhól. Kostur II gerir ráð fyrir að 80 MW rafstöð og alltað 400 MW varmastöð verði reist á þessum stað og að 40 MW rafstöð verði reist suðaustan við Gígahnúk.

Markmiðið með byggingu virkjunarinnar er að mæta aukinni eftirspurn atvinnuvega og almennings eftir raforku og varma.

Framkvæmdin er matsskyld samkvæmt 5. grein í lögum nr. 106/2000 um mat á umhverfisáhrifum, samanber 2. grein í 1. viðauka laganna.

### Staðhættir og umhverfi

Framkvæmdasvæði fyrirhugaðrar virkjunar er á Hellisheiði og nágrenni sunnan Hengilsins. Svæðið nær frá Kolviðarhóli, Sleggjubeinsdal og Bolavöllum við Húsmúla í vestri um sunnanvert Stóra-Skarðsmýrarfjall austur að Litla-Skarðsmýrarfjalli. Það markast af Stóra-Reykjafelli að suðvestan og nær suður fyrir Gígahnúk. Svæðið skiptist í efra virkjunarsvæði ofan Hellisskarðs og neðra virkjunarsvæði neðan skarðsins. Einnig verður lögð hitaveituæð frá virkjunarsvæðinu til Reykjavíkur. Rannsóknir sem gerðar hafa verið í tengslum við mat á umhverfisáhrifum virkjunarinnar ná þó yfir mun stærra svæði. Á það einkum við um grunnvatnsrannsóknir sem ná frá Suðurströndinni, í vestur til Faxaflóa, til norðurs að Esju og Þingvallavatni og í austur að Ölfusá.

Hengilssvæðið er í miðju vestara gosbeltinu, sem nær frá Reykjanesi og norður í Langjökul. Berggrunnur er að mestu móberg sem myndast hefur undir jökli á síðustu jökulsskeiðum ísaldar. Á jöðrum svæðisins kemur blágrýti fram undan móberginu. Hengilssvæðið er eitt af stærstu háhitasvæðum landsins og samkvæmt dreifingu hita, ummyndunar á yfirborði og viðnámsmælingum er stærð svæðisins um 112 ferkílómetrar. Svæðið er a.m.k. þrískipt og er Hengilskerfið eitt af þeim. Gosmyndanir frá nútíma eru algengar á og í nágrenni við virkjunarsvæðið. Á síðustu 11.000 árum eru þekkt þrjú eldgos í Hengilskerfinu og eru hraunin almennt kölluð Hellisheiðarhraun. Gaus þar fyrir um 2.000, 5.800 og um 10.000 árum. Síðast gaus í nágrenni framkvæmdasvæðisins árið 1000 og þá rann Svínahraunsbruni sem á upptök í næstu sprungurein vestan Hengils, svokallaðri Bláfjallarein.

Megineinkenni grunnvatnskerfis á rannsóknasvæðinu eru að fjallakeðjan Hengill Stóra-Reykjafell – Stórimeitill Litlimeitill skipta svæðinu frá suðvestri til norðausturs. Á austurhluta svæðisins, þ.e. á Hellisheiðinni falla vötn til suðausturs niður í Ölfus. Vatnafar er flóknara á vestursvæðinu, en einkennist af „grunnvatnshásléttu“ vestan við Hengilinn, sem nær norður á Mosfellsheiði, vestur að Sandskeiði og suður í Þrengsli. Vatnsborð er þarna í um 172 m hæð yfir sjávarmáli og skeikar varla metra til eða frá á um 15 km<sup>2</sup> svæði. Þaðan falla grunnvatnsstraumar til vesturs á vatnasvið Elliðaáa, til norðausturs til Þingvallavatns og síðan fellur mikill straumur grunnvatns til suðvesturs undir fjöllin austan við Bláfjöll og nær til sjávar í Selvöginum. Fyrir utan læk sem rennur fram úr Sleggjubeinsdal, Draugatjörn og Engidalskvísl vestan við Húsmúla er lítið um yfirborðsvatn á svæðinu. Austan við svæðið er Hengladalsá sem rennur fram úr Innstadal.

Víðáttumestu gróðurlendin á virkjunarsvæðinu eru mosapemba ásamt grösum og/eða smárunnum. Graslendi kom næst mosagróðri að víðáttu. Meginhluti fyrirhugaðs vatnstökusvæðis og leiðar hitaveituæðar er vel gróinn, mest er um mosagróin holt og lágar hæðir með gras- og lynggróðri í lægðum. Liðlega fjórðungur svæðisins er mosagróið hraun. Samfelld votlendi er aðeins að finna á

tveimur stöðum, þ. e. við eyðibýlið Elliðakot og í rótum Húsmúla við Draugatjörn. Víðáttumikið mosaríkt graslandi er á Norðurvöllum og Bolavöllum. Einnig er mikið valllendi við Kolviðarhól. Dýralíf er fremur fábreytt og stafar það hugsanlega af því hversu lítið er um vötn á svæðinu.

Menningarminjar á svæðinu eru einkum tengdar samgöngum því margar fjölfarnar þjóðleiðir liggja um svæðið. Engin byggð er á svæðinu. Á Hengilssvæðinu hafa tvö skíðafélög aðstöðu. Svæðið hefur í gegnum tíðina verið nýtt sem göngu- og útivistarland. Með merkingu gönguleiða og útgáfu göngukorta hefur Hengilssvæðið opnast og orðið aðgengilegra fyrir almenning.

Lofthiti er að meðaltali 2,6°C lægri á Hellisheiði en í Reykjavík, loftraki er hærri og vindhraði er að jafnaði 70% hærri á heiðinni en í bænum. Þá er meðalúrkoma allt að þreföld á heiðinni í samanburði við Reykjavík.

Áhættuþættir virkjunar á Hellisheiði eru ekki alveg þeir sömu á neðra og efra virkjunarsvæðinu. Viss hætta er talin geta steðjað að mannvirkjum vegna ofanflóða í Sleggjubeinsdal en ekki annars staðar. Harðir jarðskjálftar, sprunguhreyfingar og eldgos eru fátíðari en ofanflóð og stafar mannvirkjum því minni hætta af slíkum atburðum. Borholur gætu skemmst við sprunguhreyfingar og eldgos, en tæpast við jarðskjálfta. Lítil hætta er talin vera á að þær verði fyrir skakkaföllum við innflæði kvikugasa í jarðhitakerfið við kvikuhlaup.

### **Framkvæmd**

Tveir möguleikar á fyrirkomulagi virkjunar á Hellisheiði eru lagðir fram, kostur I og II. Kostur I gerir ráð fyrir að allir hlutar rafstöðvar og varmastöðvar virkjunarinnar verði á neðra virkjunarsvæði við Kolviðarhól. Kostur II er að 80 MW rafstöð og allt að 400 MW varmastöð verði við Kolviðarhól og 40 MW rafstöð verði reist á efra virkjunarsvæðinu við Gígahnúk. Í megindráttum eru önnur mannvirki þau sömu, en þau eru: Vegir, borholur, gufuveita, stöðvarhús, kæliturn, vatnsveita og vatnsból, fráveita, hitaveituæð, tenging við rafveitukerfi, vinnubúðir og náma.

Borholur og lagnir frá þeim verða að skiljustöðvum bæði á efra og neðra virkjunarsvæði. Aðkoma að neðra svæðinu verður um Hamragilsveg, en nýr vegur verður lagður að efra svæði frá Suðurlandsvegi á Hellisheiði, um 2 km austan við Skíðaskálann í Hveradölum.

Vatnsveita verður lögð að stöðvarhúsi við Kolviðarhól frá fyrirhuguðu vatnsbóli vestan við Húsmúla. Einnig verður lögð hitaveituæð frá virkjunarsvæðinu til Reykjavíkur og lögn fyrir affallsvatn frá virkjuninni að niðurrennsli svæði í Þrengslum.

Gert er ráð fyrir að rafstöð virkjunarinnar verði tengd flutningskerfi Landsvirkjunar á 132 kV spennu inná háspennulínu, sem liggur um framkvæmdasvæðið.

### **Umhverfisáhrif framkvæmdar**

Hér á eftir fer samantekt á niðurstöðum mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellisheiði. Virkjunin telst mjög fýsilegur kostur með tilliti til hugsanlegra áhrifa á jarðhita og orkuforða jarðhitasvæðisins samkvæmt líkanreikningum. Jarðhitavinnsla á Hellisheiði er ekki talin hafa áhrif á jarðhita í Hveragerði, á Ölkelduhálsi og á Nesjavöllum. Spáð er talsverðum niðurdrætti með tímanum. Á síðari stigum kemur niðurrennsli í jarðhitageyminn til greina að lokinni þróun aðferðar til þess. Reiknilíkanið er talið nægjanlega öruggt til að spá fyrir um að lítil fjárhagsleg áhætta fylgi því að reisa 40 MW rafstöð og 133 MW varmastöð á Hellisheiði, en áhættan eykst ef virkja á í stærri áföngum vegna óvissu um holufjölda. Samkvæmt líkanreikningunum eykst streymi skiljuvatns ekki á spátímanum. Talið er að jarðhitavinnsla í virkjun á Hellisheiði verði sjálfbær. Þrýstingur og vökvamassi svæðanna jafnar sig hratt að upphafsástandinu og virðist þurfa að líða u.þ.b. mannsaldur til að þessir eiginleikar nái upphafsástandinu verði vinnslu hætt eftir 30 ár. Hitinn í jarðhitageyminum hefur á þessum tíma lækkað um minna en 10°C frá upphaflegum hita, en geymirinn nær sér alveg á allt að 1000 árum komi ekki til frekari innspýting vegna eldvirkni. Umhverfisáhrifin teljast því afturkræf.

Við grunnvatnsrannsóknir var leitað að hentugum vatnsöflunarstað til framleiðslu á hitaveituvatni og metin áhrif vatnstöku á vatnafar. Einnig var leitað að heppilegum losunarstað fyrir affallsvatn og metin áhrif losunar í grunnvatn. Grunnvatnskerfið reyndist nokkuð flókið og er því rannsóknarsvæðið mjög stórt. Við úrvinnslu gagnanna og mat á áhrifum á grunnvatn var m.a. notað reiknilíkan. Til að meta hugsanleg áhrif losunar affallsvatns frá virkjuninni á vatnafar voru greind þéttivatns- og skiljuvatnssýni úr rannsóknaholum á Hellisheiði. Greiningar sýna að þéttivatn inniheldur engin efni yfir leyfilegum hámarksstyrk. Styrkur þriggja efna í skiljuvatni liggur aftur á móti yfir viðmiðunarmörkum neysluvatns og styrkur arsens telst ávallt ófullnægjandi ástand fyrir lífríki/þynningarsvæði. Af þeim sökum er talið óæskilegt að losa skiljuvatn á yfirborði vegna hugsanlegra áhrifa á vatnsból og lífríki.

Komið hefur í ljós að nægilegt vatn til framleiðslu á heitu vatni fæst úr fyrirhuguðu vatnsbóli virkjunarinnar við Engidalskvísl vestan Húsmúla. Afmarka þarf vatnsverndarsvæði umhverfis vatnsbólið. Samkvæmt grunnvatnsrannsóknnum og líkanreikningum er talið heppilegast að losa skiljuvatn með niðurrennsli neðarlega í grunnvatnið í Selvogsstraumnum á 400 m dýpi eða um 150 m neðan sjávarmáls á fyrirhuguðu niðurrennslistsvæði við Þrengsli. Þannig gætir áhrifa þess ekki í vatnsbóli Þorlákshafnar og væntanlegrar virkjunar á Hellisheiði né á öðrum vatnsverndarsvæðum. Samkvæmt reiknilíkaninu blandast skiljuvatnið á tiltölulega þröngu svæði og aldrei koma fram nein áhrif frá skiljuvatninu við hugsanlegan nýjan vatnstökustað vestan núverandi vatnsbóls Þorlákshafnar. Myndast aflangt svæði vestan við Þrengslavegin til sjávar þar sem arsenstyrkur grunnvatns er rétt yfir mörkum fyrir neysluvatn. Miðað við fullbyggða virkjun mundi það taka um 25 ár að ná endanlegum hámarksstyrk við Suðurströndina. Tímabundin losun í svelgholur á yfirborði vegna hugsanlegra rekstrartruflana niðurrennslistsmannvirkja virðist engin áhrif hafa á grunnvatnskerfið.

Vegna fullbyggðrar virkjunar á Hellisheiði eykst losun koldíoxíðs á Íslandi um 24.300 tonn á ári eða um 0,74% miðað við losunina 2001 og losun metans eykst um 16 tonn á ári eða um 0,1%. Góð nýtni á auðlindinni vegna samvinnslu rafmagns og varma í virkjunni gerir það að verkum að losun gróðurhúsalofttegunda á hverja kWst orku er talin verða með því lægsta sem völ er á við orkuframleiðslu. Losun brennisteinsvetnis frá jarðvarmavirkjunum á Íslandi mun með virkjuninni aukast u.þ.b. 2.500 tonn á ári eða um 16% miðað við losunina 2001. Talið er hverfandi hluti þess muni oxast í brennisteinoxíð, en megin hlutinn falli til jarðar með úrkomu og oxist í súlfat eða brennistein. Vegna mikillar úrkomu og vinds á virkjunarsvæðinu má búast við að brennisteinsvetnið þvoist tiltölulega fljótt úr lofti. Lítil hætta er talin stafa af losun brennisteinsvetnis frá virkjuninni, en við ákveðnar aðstæður má búast við að brennisteinslykt finnist á virkjunarsvæðinu.

Áhrif á gróður á virkjunarsvæðinu, vatnsverndarsvæði og við heitavatnsæð til Reykjavíkur takmarkast við rask á grónum svæðum sem fara undir mannvirki, svo sem borteiga, lagnir, vegi, námur og byggingar og nánasta umhverfi þeirra. Ólíklegt er talið að framkvæmdin muni hafa veruleg áhrif á gróður á virkjunarsvæðinu. Ekki er búist við mikilli röskun á grónum svæðum og á sjaldgæfum gróðurlendum né að sjaldgæfar tegundir hverfi úr flóru svæðisins. Votlendi við Húsmúla verður hlíft með því að ferksvatnslögn frá vatnsbóli að virkjun verður lögð vestan Draugatjarnar. Á áhrifasvæði hitaveituaðar eru ekki sjaldgæf gróðurfélög sem þörf er að vernda. Í Elliðakotsmýrum er gert ráð fyrir að haga framkvæmdum við hitaveituaðina þannig að mýrin haldist og áhrif þeirra á vatnsstöðu í mýrunum verði engin. Vinnuvegur með lögninni verður fljótandi á mýrunum. Talið er að varanleg áhrif á verðmæt góðurlendi verði lítil.

Framkvæmdin er talin hafa lítil varanleg áhrif á dýralíf. Á framkvæmdatíma geta varpfuglar orðið fyrir truflun af mannvirkjagerð og borun en varanlega áhrif þess á fuglalíf eru talin lítil. Búist er við litlum áhrifum á smádýralíf á landi og í vötnum.

Á framkvæmdatíma verður ekkert jarðrask á hverasvæðum í nágrenni framkvæmdasvæðisins. Virkjunin hefur því engin bein áhrif á hveralíf. Ekki er búist við breytingum á yfirborðsvirkni



jarðhita á Hellsheiði í kjölfar jarðhitanýtingar. Því er talið að virkjun á Hellsheiði muni ekki heldur hafa óbein áhrif á lífríki hvera.

Framkvæmdin hefur áhrif á skipulag og landnotkun en ekkert skipulag er í gildi á virkjunarsvæðinu. Framkvæmdin er í samræmi við tillögu að aðalskipulagi Sveitarfélagsins Ölfuss, sem hefur verið auglýst, að því tilskildu að tekið verði tillit til athugasemda Orkuveitunnar varðandi fyrirhugaða efnistöku í Hamragili, niðurrennsliðsvæði og veg inn á efra virkjunarsvæðið. Í tillögunni eru afmörkuð vatnsverndarsvæði umhverfis vatnsból virkjunarinnar, iðnaðarsvæði umhverfis borsvæði, byggingarreiti og niðurrennsliðssvæði. Lega fyrirhugaðrar hitaveituæðar er í samræmi við tillögu að aðalskipulagi Sveitarfélagsins Ölfuss, en breyta þarf aðalskipulagi Mosfellsbæjar og Reykjavíkur þar sem ekki er gert ráð fyrir hitaveituæð í staðfestu aðalskipulagi þessara sveitarfélaga.

Ef þvera þarf göngu- eða reiðleiðir verður gerð hjáleid á framkvæmdatíma. Ráðgert er að umferð gangandi og ríðandi verði einnig greidd um svæðið að loknum framkvæmdum. Fyrirhugaðar mótvægisáðgerðir vegna framkvæmda við borun, efnistöku, lagnir og vegi eru taldar leiða til þess að lítil áhrif verði á landnotkun, t.d. á nýtingu skíðasvæða og göngu- og reiðleiða.

Gildi landslags á þeim hluta Hengilssvæðisins sem reisa á virkjunina er ekki metið hátt og svæðið er auk þess þegar töluvert raskað. Því er talið að framkvæmdin muni ekki rýra mikið landslagsgildi virkjunarsvæðisins. Þar sem mannvirki verða í nútímahrauni skerða þau jarðmyndanir sem njóta verndar samkvæmt lögum um náttúruvernd. Við staðsetningu mannvirkja verður sneitt hjá sérstæðum jarðmyndunum eins og kostur er. Skilgreind hafa verið verndarsvæði um jarðmyndanir sem ekki verður hróflað við. Með fleiri en einni borholu á sama borteig fækkar vegslóðum og lögnum sem minnkar jarðrask. Vegslóðar sem ekki verða nýttir áfram verða afmáðir. Uppgröftur sem ekki nýtist við framkvæmdirnar verður losaður í gamlar námur við Gígahnúk og fyrir framan Hamragil til þess að fylla, móta og snyrta þær. Með mótvægisáðgerðum verður áhrifum framkvæmdarinnar á jarðmyndanir og landslag haldið í lágmarki.

Engar sýnilegar menningarminjar eru taldar í hættu á virkjunarsvæðinu. Á efra virkjunarsvæði munu lagnir þvera Hellsheiðarveg hinn forna, en leiðinni verður haldið opinni og vörðurnar varðveittar. Á lagnaleið hitaveituæðar er varða á milli Lyklafells og Sólheimakots, sem þarf að sneiða hjá eða fá leyfi til að flytja hana gerist þess þörf.

Umhverfi fyrirhugaðrar jarðvarmavirkjunar tekur nokkrum breytingum við framkvæmdina. Byggingar, svo sem stöðvarhús, kæliturnar og gufuháfar munu verða vel sýnileg. Einnig munu lagnir á yfirborði, borstæði í bratta og nýir vegir sjást. Þá mun gufa sem stígur upp af gufuháfum, kæliturnum og borholum í blæstri sjást víða að. Í flestum tilfellum verður um varanleg áhrif að ræða en í öðrum verða áhrifin í takmarkaðan tíma, t.d. af gufu frá blásandi borholum, af lagnaframkvæmdum og af efnistöku á framkvæmdatíma. Sjónræn áhrif niðurgrafinna lagna er að mestu tímabundinn. Fyrirhugaðar mótvægisáðgerðir munu draga úr áhrifum.

Hljóðstig mun, á framkvæmda og rekstrartíma, geta farið yfir viðmiðunarmörk fyrir iðnaðarsvæði á borteigum við borun og prófun. Settir verða upp hljóðdeyfar við hverja holu til að minnka hljóðstig eins og kostur er. Hljóðstig mun hækka á framkvæmdatíma þegar boraðar verða 10 holur á næstu tveimur árum og við borun á 8 holum til viðbótar fyrir gangsetningu síðari hluta rafstöðvar virkjunarinnar sem er áætluð árið 2012.

Á framkvæmdatíma verður fjöldi starfsmanna mest um 100 manns. Hvorki er gert ráð fyrir gisti- aðstöðu á verkstað né fastri búsetu við virkjunina. Áhrif á atvinnuástand og þar með byggð og íbúapróun í sveitarfélaginu eru talin verða lítil.

Afstaða fólks til nýtingar jarðvarma á Hengilssvæðinu er almennt jákvæð. Niðurstöður kannana benda til þess að virkjun muni ekki draga úr aðsókn ferðamanna á Hellsheiði og Hengilssvæðið. Þvert á móti benda þær til að útivistarfólki muni fjölga þar frekar en fækka. Ferðamönnum verða veittar upplýsingar á skiltum.

Framkvæmdin er ekki talin leiða til umtalsverðrar aukningar á umferð um Hellisheiði. Helstu áhrif virkjunarinnar á samgöngur eru talin verða aukin umferð um vegamót Suðurlandsvegur og Hamragilsvegur og að nýr vegur verður lagður inná efra virkjunarsvæðið frá nýjum vegamótum á Hellisheiði.

### Mismunur kosta I og II

Umhverfisáhrif þeirra tveggja kosta sem kynntir eru í skýrslunni eru mjög sambærilegir. Framkvæmdir samkvæmt kosti I þurfa um 825 þús m<sup>2</sup> lands, þar af fara um 590 þús m<sup>2</sup> undir mannvirki. Framkvæmdir samkvæmt kosti II þurfa um 845 þús m<sup>2</sup>, þar af fara um 610 þús m<sup>2</sup> undir mannvirki. Talsverður hluti þessa svæðis er þegar raskað. Raskað land verður lagfært og snyrt. Stöðvarhús, kæliturn og þjónustubyggingar kosta I verða reistar neðan Hellisskarðs á flötunum við Kolviðarhól. Skiljustöðvar verða ofan Hellisskarðs og vestan Þverfells. Mannvirki á neðra svæði munu sjást vel af Suðurlandsvegi í Svínahrauni, Hamragilsvegi og göngu- og reiðleiðum í nágrenni virkjunarsvæðisins. Samkvæmt kosti II verður einnig byggt stöðvarhús á efra virkjunarsvæðinu, suðaustan við Gígahnúk, ásamt kæliturni, skiljustöð, lokahúsi og gufuháfi, sem munu sjást vel frá Suðurlandsvegi á Hellisheiði.

Munur áhrifa kosta I og II á gróðurfar og jarðmyndanir stafar af raski á mosapembu og nútíma-hrauni á 20.000 m<sup>2</sup> byggingareit stöðvarhúss fyrir kost II suðaustan Gígahnúks. Áhrif á jarðhita og orkuforða, vatnafar, loftgæði, dýralíf, lífríki hvera, menningarminjar, hljóðvist, byggð og íbúafróun, ferðaþjónusta og samgöngur er sambærileg fyrir báða kostina.

### Aðrir kostir

Kannaðir voru ýmsir möguleikar á tilhögun framkvæmdarinnar s.s. staðsetning stöðvahúss, fyrirkomulag skiljustöðva, lega aðveituæða, staðsetning vatnsbóls, lega ferskvatnsæðar, fyrirkomulag varmastöðvar, fyrirkomulag og lagnaleið niðurrennslisveitu, lega hitaveituæðar og möguleikar á efnistöku. Einnig var kannaður núllkostur sem felur í sér að ekki verði af virkjun á Hellisheiði. Verði ekki virkjað á Hellisheiði mun Orkuveita Reykjavíkur ekki geta afhent raforku til stóriðju, sem mun hafa efnahagsleg áhrif á landsvísu. Til að koma í veg fyrir skort á heitu vatni yrði að leita annarra leiða. Ekkert annað jarðhitasvæði í nágrenni höfuðborgarinnar hefur verið nægilega rannsakað til að þar sé hægt að reisa virkjun til framleiðslu á heitu vatni nægilega fljótt til að svara vaxandi eftirspurn.

### Heildaráhrif

Niðurstaða mats á umhverfisáhrifum virkjunar á Hellisheiði er sú að framkvæmdin muni ekki hafa umtalsverð umhverfisáhrif.

### Vöktun og eftirlit

Eftirlit með hugsanlegum áhrifum jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði verður, eftir því sem við á, með svipuðu sniði og verið hefur á Nesjavallasvæðinu. Kerfiráður virkjunarinnar safnar upplýsingum um alla helstu þætti rekstrarins, auk þess er fyrirhuguð vöktun og eftirlit með jarðhitasvæðinu, breytingum á landi við vinnslu, lífríki, grunnvatni og breytingum á frárennsli.

### Kynning og samráð

Haft hefur verður samráð við Skipulagsstofnun, umsagnaraðila, leyfisveitendur og almenning í samræmi við lög nr. 106/2000 um mat á umhverfisáhrifum. Fyrirhuguð framkvæmd hefur verið kynnt á heimasíðu Orkuveitu Reykjavíkur, [www.or.is](http://www.or.is), og Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns hf., [www.vgk.is](http://www.vgk.is).

Í matsferlinu hefur verið samstarf við Skipulagsstofnun, leyfisveitendur, aðra hagsmunaaðila og sérfræðinga á ýmsum sviðum með misjafnlega formlegum hætti. Skipulagsstofnun fékk drög að matsskýrslu til skoðunar. Einnig voru niðurstöður mats á umhverfisáhrifum kynntar Sveitarfélaginu Ölfusi, Heilbrigðiseftirliti Suðurlands, Mosfellsbæ og Umhverfisstofnun.

# Greinargerð um fornleifar hjá Hellisheiðarvirkjun

Adolf Friðriksson og Uggi Ævarsson

Verknr. 0310

Fornleifastofnun Íslands

Reykjavík - 2003



# Greinargerð um fornleifar hjá Hellisheiðarvirkjun

## Inngangur

Vegna fyrirhugaðra framkvæmda við Hellisheiðarvirkjun gerði Fornleifastofnun Íslands könnun á fornleifum að ósk VGK fyrir hönd Orkuveitunnar. Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir árangri og niðurstöðum athugunarinnar. Vettvangsvinna fór fram dagana 21. – 23. júlí 2003 og var í umsjá Adolfs Friðrikssonar fornleifafræðings og Ugga Ævarssonar.

## Fyrri athuganir

Fornleifastofnun gerði árið 1997 svæðisskráningu fyrir afréttaland Ölfushrepps, og aðalskráningu árið eftir.<sup>1</sup> Við aðalskráningu á afréttarlandinu voru skráðir 64 minjastaðir. Flestir minjastaðanna eru á eða við bæjarstæði Kolviðarhóls, en aðrir eru dreifðir um afréttina. Árið 2001 vann Fornleifastofnun stutta greinargerð vegna tilraunaborana á svæðinu.<sup>2</sup>

## Rannsóknarsvæðið

Svæðið sem könnunin náði yfir takmarkaðist við þá staði sem gert er ráð fyrir að næsti áfangi framkvæmda nái til, þ.e. fyrirhugað stöðvarhús sunnan Kolviðarhóls, vegstæði og lögn í Hellisskarði, stöðvarhús og lagnir við Gígahnúk, og lögn hjá Þrengslavegi frá Kolviðarhóli til suðurs hjá Gráhnúkum. Gerð verður frekari könnun á virkjanasvæðinu þegar aðrir þættir hönnunarinnar liggja fyrir.

## Aðferðir

Við undirbúning voru fyrirliggjandi heimildir og skráning athuguð. Farið var á vettvang og ofangreind svæði skoðuð. Gengið var skipulega um framkvæmdareitina og um 50 m út fyrir þá, og leitað sýnilegra ummerkja um fornleifar.

---

<sup>1</sup> Birna Gunnarsdóttir and Orri Vésteinsson (1997). Fornleifaskráning á Hengilssvæðinu I. Menningarminjar í Grafningi norðan Úlfjótsvatns. Reykjavík, Árbæjarsafn og Fornleifastofnun Íslands; Orri Vésteinsson (1998). Fornleifar á afrétti Ölfushrepps. Reykjavík, Fornleifastofnun Íslands.

<sup>2</sup> Orri Vésteinsson: Greinargerð um fornleifar á Hellisheiði, 27.7. 2001.

## Niðurstöður

Árangur og niðurstaða fornleifakönnunar sumarið 2003 var sem hér segir:

**Stöðvarhús við Kolviðarhól og lagnir um Hellisskarð.** Af öllum fyrirhuguðum framkvæmdasvæðum Hellisheiðarvirkjunar þótti ljóst að líklegast væri að finna minjar á stöðvarhúsreit sunnan við bæjarrústir Kolviðarhóls. Engar minjar er að sjá á þeim reit. Þar er harður völlur, grasi gróinn. Jarðvegur er lítill og stutt niður í ísaldargrús. Því er afar sennilegt að sjást ætti til fornra mannvirkja ef einhver væru, því við þessar aðstæður sökkva þær ekki niður í völlinn. Frá reitnum er fyrirhugað að leggja lögn upp Hellisskarð öðru megin, og veg hinu megin í skarðinu. Engar minjar eru á þeirri leið heldur. Um 100 m eru milli fyrirhugaðrar lagnar og austustu varða Hellisheiðarvegur efst í Hellisskarði.

**Gígahnúkur.** Fyrirhugað er að reisa stöðvarhús austan Gígahnúks og lögn þaðan til norðurs. Engar minjar eru sýnilegar á byggingarreitnum né þar sem lögninni er ætlaður staður. Hinsvegar myndi lögnin liggja þvert á Hellisheiðarveg, sem er varðaður á þessum slóðum og liggur um Orustuhólshraun til vesturs að Hellisskarði og Kolviðarhóli.



*Mynd 1. Hellisheiðarvegur. Horft til vesturs. Myndin sýnir vörður sem liggja norðan Gígahnúks.*

**Þrengslavegur.** Hluti Þrengslaleiðar liggur inn á framkvæmdasvæðinu. Liggur leiðin frá Kolviðarhóli til suðurs, milli Litla og Stóra-Reykjafells, undir Þjóðveg 1 og til SSV hjá

Gráhnúkum. Þar sem leiðin lá frá Kolviðarhóli að Þjóðvegi er nú malarborinn vegur, en frá Þjóðveginum og til Gráhnúka liggur leiðin austast í hraunjaðrinum, þar á sléttri landræmu sem liggur með rótum hnúkanna. Þar er gatan víðast enn greinileg. Örskammt vestan við götuna, upp á hraunjaðrinum er rudd leið, en að öðru leyti er gatan og umhverfi hennar lítið raskað sunnan Þjóðvegjar.

## Frekari fornleifakönnun við næstu hönnunaráfanga

Lokið er fyrsta áfanga fornleifakönnunar vegna jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði. Eins og fram hefur komið náði hún til þeirra hluta framkvæmdasvæðisins þar sem fyrir liggur hvar jarðrask verður vegna mannvirkjagerðar, þ.e. fyrirhugað stöðvarhús sunnan Kolviðarhóls, vegstæði og lögn í Hellisskarði, stöðvarhús og lagnir við Gígahnúk, og lögn hjá Þrengslavegi frá Kolviðarhóli til suðurs hjá Gráhnúkum. Auk fornleifakönnunarinnar 2003 liggur fyrir svæðisskráning fyrir afréttarland Ölfushrepps frá 1997, aðalskráning frá 1998 og greinargerð um fornleifar frá 2001 vegna tilraunaborana.

Fornleifakönnun vegna umhverfismats og framkvæmda er ekki lokið á svæðinu öllu. Þegar fyrir liggur næsti áfangi hönnunarvinnu, verður gerð sérstök athugun á vettvangi á þeim svæðum þar sem framkvæmdir fela í sér jarðrask, þ.m.t. vegalagning, mannvirki við virkjaðar borholur, stöðvarhús og skiljur, lagnir og fleira.

Fyrri rannsóknir á svæðinu gefa til kynna að ekki eru miklar líkur á að finna margar minjar sem sett gætu strik í reikninginn við frekari útfærslu virkjunarinnar. Að frátöldu bæjarstæði Kolviðarhóls eru á svæðinu fyrst og fremst fornar leiðir, vörður og aðrar minjar sem vænta má á afréttum og fjarri byggð. Engu að síður er nauðsynlegt að ganga úr skugga um hvort minjar sé að finna þar sem framkvæmdir eru fyrirhugaðar.



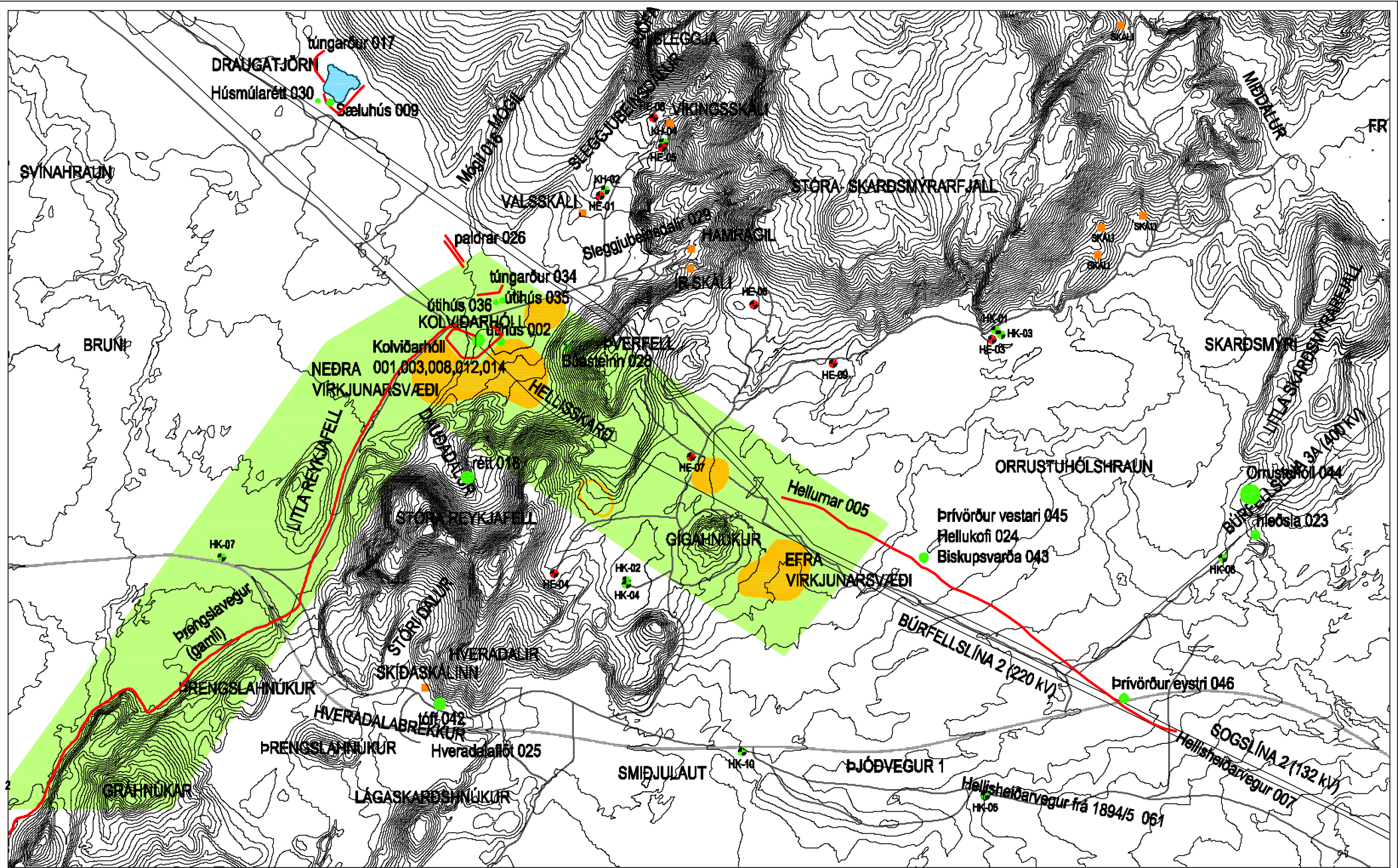
## Samantekt

Í stuttu máli er niðurstaða fornleifakönnunarinnar sú að virkjanasvæðið er að mestu á afréttarlandi þar sem afar lítið er um forn mannvirki. Engar áður óþekktar minjar komu í ljós við vettvangsrannsókn sumarið 2003. Minjar þar eru ekki í hættu vegna fyrirhugaðra framkvæmda. Fornleifavernd ríkisins sker úr um hvort grípa þurfi til sérstakra aðgerða vegna þeirra minja sem eru í nágrenni framkvæmdasvæðanna. Í því samhengi skal bent á að æskilegt væri að lagnir við Gígahnúka gengu ekki þvert á Hellsheiðarveg. Eins væri æskilegt að lögn með Þrengslavegi spillti ekki umhverfi leiðarinnar. Þar væri heppilegast að grafa lögnina niður og undir ruddu leiðinni sem liggur með Þrengslavegi sunnan Þjóðveggar 1 og vestan með Gráhnúkum.

Adolf Friðriksson og Uggi Ævarsson

Fornleifastofnun Íslands, Reykjavík 2003

Verknr. FS 0310



5 m hæðarlínur

Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.

## MENNINGARMINJAR Á HELLISHEIÐI

- SKÝRINGAR -

- RANNSÖKNARHOLUR
- VATNSKÖNNUNARHOLA
- BYGGINGASVÆÐI
- ATHUNARSVÆÐI MENNINGARMINJA 1. ÁFANGI

LÍFFRÆÐISTOFNUN HÁSKÓLANS  
FJÖLRIT NR. 58

Könnun á fuglalífi á Hengli  
og Hellisheiði vorið 2001

*Arnþór Garðarsson*

REYKJAVÍK 2002



# EFNISYFIRLIT

INNGANGUR .....	3
AÐFERÐIR .....	3
ATHUGUNARSVÆÐI .....	4
NÍÐURSTÖÐUR .....	6
SNIÐTALNINGAR .....	6
VATNAFUGLAR .....	8
STRJÁLAR FUGLATEGUNDIR .....	8
UMRÆÐA .....	9
HEIMILDIR .....	10
TÖFLUR 1-6 .....	11
MYND 1 .....	17

## INNGANGUR

Könnun á fuglalífi á Hengli og Hellisheiði var gerð í maí - júní 2001. Markmið könnunarinnar var að afla gagna til þess að meta hugsanleg áhrif af borunum og virkjun jarðgufu á þessu svæði. Metinn var þéttleiki varpfugla í mismunandi búsvæðum á svæðinu og hugað að sjaldgæfum tegundum. Könnunin var unnin samkvæmt samningi við Orkuveitu Reykjavíkur,

## AÐFERÐIR

Könnunin náði til um 90 km<sup>2</sup> svæðis í Hengli og nágrenni, sem er að nokkru móbergsfjöll, hraun frá nútíma og heiðalönd. Talið var á 100 m breiðum sniðum, samtals um 63 km að lengd og því um 7% af flatarmáli athugunarsvæðisins (1. mynd). Sniðin voru talin með stöðluðum aðferðum, sem hafa reynst henta vel til þess að fá fljótlegt mat á þéttleika landfugla á varptíma, en veita auk þess skipulagslegt aðhald, þannig að landið er skoðað með mikilli nákvæmni og því líklegra en ella að sjaldgæfar eða felugjarnar tegundir finnist.

Með sniðtalningum er metinn fjöldi para sem eru bundin við talningasniðið vegna hreiðurs eða unga. Einnig er hægt að meta fjölda einstaklinga sem ekki eru við varp en nota svæðið til fæðuöflunar eða umferðar. Fjöldi sem sést af hverri tegund, er áviti á raunverulegan fjölda á svæðinu og er háður sýnileika, sem er mismunandi milli tegunda og er einnig háður fjarlægð frá athuganda, árstíma og áferð yfirborðs (þ.e. gróðurhulning, þýfi og grjót). Hægt er að reikna fjarlægðarþátt sýnileika mismunandi tegunda út frá hlutfalli í innra og ytra talningarbelti og er hér notast við línulegt líkan til þess (Bibby o.fl. 1993). Aðra þætti sýnileikans þarf hins vegar að meta út frá beinum athugunum. Fjarlægðin 50 m frá línu var í

upphafi miðuð við að afla upplýsinga um þéttleika vaðfugla á opnu landi og virðist einnig eiga vel við fyrir spörfugla.

Sniðtalningar hafa verið notaðar víða um heim og hefur aðferðum og aðferðafræði til dæmis verið lýst af Järvinen og Väisänen (1975), Emlen (1977) og Bibby o.fl. (1993).

Sniðtalningar hafa talsvert verið notaðar hér á landi á síðustu árum, einkum eftir að GPS tæki komu á markað en lítið hefur enn sem komið er verið birt um árangur þeirra og mat á þessari talningaraðferð í samanburði við aðrar aðferðir.

### *Framkvæmd*

Könnun á fuglalífi í Hengli og nágrenni fór fram á tímabilinu 22. maí til 28. júní 2001. Skipta má könnuninni í tvö stig: 1) athugun á svæðinu í heild, gerð tegundaskrár og forkönnun búsvæða; 2) snið gengin og talin. Einn líffræðingur gekk hvert snið og skráði alla fugla sem sáust (a) innan 100 m beltis, þ.e. 50 m á hvora hönd, og (b) utan þessa beltis. Staðsetning var ákvörðuð með GPS.

### ATHUGUNARSVÆÐI

Athugunarsvæðið var Hengill og nálægar heiðar að vestan og sunnan. Það afmarkaðist að sunnan af Norðurhálsunum ( $64^{\circ}00'N$ ), að vestan af Svínahrauni, Bolavöllum og Mosfellsheiði ( $21^{\circ}25'V$ ), að norðan af Dyradal ( $64^{\circ}07'N$ ), og að austan af Ölkelduhálsi og Bitru (um  $21^{\circ}15'V$ ). Hæð yfir sjó er víða um 350 m, lægstu punktar eru í um 200 m (Bolavellir vestan Húsmúla) en hæstu tindar Hengils eru rúmlega 800 m y.s. Eðlilegt er að skipta svæðinu í búsvæði eftir landslagi, vatnafari og gróðri, enda líklegt að þessi atriði ráði mestu um



útbreiðslu og þéttleika fuglategunda. Eftirfarandi búsvæði á landi voru skilgreind:

1. *Mosaheiði* (mólendi), alls um 30 km<sup>2</sup> af þurrlendi á sæmilega vatnsheldum hallalitlum berggrunni, sem er að mestu þakið gamburmosa *Racomitrium lanuginosum*, en víða ber mikið á fléttum ýmiss konar, grastegundum og smárunnum (aðallega krækilyngi *Empetrum hermaphroditum*). Víðast hvar er smáþýft. Þetta gróðurlendi er fyrirferðarmest í Mosfellsheiði, Bitru og Hellisheiði utan hrauna. Alls voru 19 km kannaðir.
2. *Mosaþemba á hrauni*, sams konar gróður á hrauni en hlutfallslega miklu meiri mosi. Víðast hvar virðist vera langt ofan á grunnvatn. Rakar gjótur og snjódældir hafa sennilega mikla þýðingu fyrir fuglalíf. Munstrið í landinu er yfirleitt gróft og mikið af klettum og holum sem gætu gefið nokkrum fuglategundum færi á varpstöðum. Mosaðemba á hrauni þekur á að giska 20 km<sup>2</sup>, aðallega á Hellisheiði. Alls voru 14 km kannaðir.
3. *Graslendi* eða jaðar er samfelldast kringum Kolviðarhól, í Innstadal og Miðdal, en er einnig ríkjandi í lægðum og lautum meðfram hlíðarfótum og þar sem einhvers konar stallar eru í landslagi og raki er nokkur og stöðugur í jarðvegi. Graslendi á svæðinu er e.t.v. 5 – 10 km<sup>2</sup> alls og voru 3 km kannaðir.
4. *Mýrlendi* er varla til á Hengilssvæðinu nema í Fremstadal þar sem það þekur innan við ½ km<sup>2</sup> (1,6 km kannaðir).
5. *Fjalllendi* er notað hér yfir grýtt brattlendi hvers konar og nær yfir um helming athugunarsvæðisins. Gróðurhulan er víðast hvar slitrótt og gróðurinn skiptist víðast hvar eftir snjóalögum í rinda og snjódældir. Halli lands hefur einnig mikil áhrif (klettar, urðir, skriður, jarðvegskrið). Efst á Hengli er gróðurlaus móbergsslétta í yfir 700 m h.y.s. Alls voru 17 km af fjalllendi kannaðir, þar af tæplega 3 á fjallskollinum.

6. *Hlíðar og hlíðarfætur* skera sig úr öðrum búsvæðum. Þar er yfirleitt stutt í vatn og skjólgott og þar safnast næringarefni fyrir. Landslag og gróður er fjölbreytt og graslendi víða ríkjand. Með því að fylgja hlíðarfótum fæst nokkuð önnur mynd af lífríkinu en með hefðbundnum aðferðum og meiri upplýsingar um tegundir með takmarkaða útbreiðslu. Hlíðarfætur kringum Hengil eru um 30 km að lengd og voru um 8 þeirra kannaðir sérstaklega.

Mjög lítið er um stöðug vötn á svæðinu. Suðvestan undir Húsmúla er Draugatjörn (um 2 ha) og Hengladalsá er eina vatnsfallið.

## NIÐURSTÖÐUR

### SNIÐTALNINGAR

#### *Mosaheiði*

Gengin snið voru alls tæplega 19 km. Þéttleiki varpfugla var að meðaltali 29 pör á km<sup>2</sup> (Tafla 1). Algengustu fuglarnir (pör á km<sup>2</sup>, leiðréttur þéttleiki, D, innan sviga) voru: heiðlóa *Pluvialis apricaria* (14) og þúfutittlingur *Anthus pratensis* (9). Svólítið var af spóa *Numenius phaeopus* (3), selningi *Calidris martima* (2) og hrossagauki *Gallinago gallinago* (1). Sjö aðrar varptegundir voru skráðar og fundust því alls 12 tegundir varpfugla (Tafla 1A). Lítil munur var á þéttleika og tegundasamsetningu á tveimur helstu heiðasvæðunum, Bitru og Mosfellsheiði (Tafla 1 B og C).

### *Mosapemba á hrauni*

Snið í mosapembu á hrauni voru alls 14 km. Þéttleiki varpfugla var aðeins 15 pör á km<sup>2</sup> (Tafla 2), eða um helmingur af mosaheiðinni og tegundir einnig færri, eða 7 talsins. Mest var af heiðlóu (8 pör á km<sup>2</sup>).

### *Graslendi*

Sniðin voru alls 3 km á lengd. Tegundir varpfugla (8 alls) voru að miklu leyti þær sömu og heiðinni en þéttleiki mun meiri eða 100 pör á km<sup>2</sup> (Tafla 3). Mest var af heiðlóu (47), stelki *Tringa totanus* (27) og þúfutittlingi (20). Einnig var nokkuð af spóa (8) og hrossagauki. Strjálíngur var af lóupræl *Calidris alpina* en hann kom annars aðeins fyrir í mýrinni.

### *Mýrlendi*

Mýrlendi í Hengli er aðeins á takmörkuðu svæði í Fremstadal og snið þar aðeins 1,6 km langt. Þéttleiki var sá mesti sem fannst á svæðinu, 111 pör á km<sup>2</sup> og tegundir alls 7 (Tafla 4). Mest var af heiðlóu (39), hrossagauki (36) og þúfutittlingi (25). Einnig fundust lóupræll (15) og stelkur (7).

### *Fjallendi*

Fjallendi með allfjölbreyttum strjálgróðri er víðáttumesta gróðurlendið í Hengli. Fjöldi varptegunda er 8 en þéttleiki er lítil, 28 pör á km<sup>2</sup> á þeim 15 km þar sem einhverjir fuglar fundust (Tafla 5). Í fjallendinu var enn mest af heiðlóu (9 pör á km<sup>2</sup>) en steindepill *Oenanthe oenanthe* (5 pör á km<sup>2</sup>) og snjótittlingur *Plectrophenax nivalis* (4 pör á km<sup>2</sup>) voru áberandi. Einstöku selningar sáuust á raklendum stöðum og sandlóa *Charadrius hiaticula* kom þar einnig fyrir.



### Hlíðarfætur

Hlíðarfætur (8 km að lengd) voru teknir sérstaklega fyrir til þess að reyna að ná inn sem mestum upplýsingum um strjálustu tegundirnar (Tafla 6). Þéttleiki fugla var nokkru meiri en í fjalllendinu almennt, eða um 45 pör á km<sup>2</sup>. Tegundir varpfugla voru alls 11 en tegundasamsetning að mestu sú sama og í fjalllendinu. Smyrill *Falco columbarius* og skógarþröstur *Turdus iliacus* fundust eingöngu í þessu búsvæði.

### VATNAFUGLAR

Ekki var leitað sérstaklega að vatnafuglum, en þær tegundir sem sást voru skráðar. Á Draugatjörn sást eftirfarandi tegundir 7. júní: stökkönd *Anas platyrhynchos* kvenfugl með a.m.k. 4 unga og eitt par, rauðhöfði *Anas penelope* árgamall steggur, urtönd *Anas crecca* 2 steggir. Eini óðinshaninn *Phalaropus lobatus* á svæðinu sást í grennd við Draugatjörn. Á Hengladalsá í Fremstadal sást toppandarpar *Mergus serrator* 7. júní.

### STRJÁLAR FUGLATEGUNDIR

Vitað er um eitt gamalt fálkasetur *Falco rusticolus* á athugunarsvæðinu en fálka varð ekki vart vorið 2001 enda lítið af rjúpu *Lagopus mutus* í ár og líklegt að fálki sé einnig í lægð.

## UMRÆÐA

### *Almennt*

Tegundir varpfugla á svæðinu eru allar útbreiddar og algengar í svipuðum gróðurlendum um land allt. Sniðtalningar henta vel til þess að áætla magn algengra, dreifðra landfugla, en 63 km langt snið sem gefur alls 6.3 km<sup>2</sup> af könnuðu flatarmáli dugar þó ekki til þess að meta fjölda sjaldgæfra tegunda, þ.e.a.s. þeirra sem eru með þéttleikann <0,2 á km<sup>2</sup>.

Allmikið hefur verið unnið að sniðtalningum hér á landi á allra síðustu árum, en flest af því bíður enn formlegrar birtingar og er því varla samanburðarhæft. Fyrstu athuganir benda þó til að þéttleiki fugla á Hellisheiði og Hengli sé tiltölulega lítill. Líklegasta skýringin á því er vatnsskortur takmarki undirstöður fuglalífs á þessu svæði.

### *Ábendingar um hugsanleg áhrif framkvæmdar á fuglalíf*

Meðan á borun og öðrum framkvæmdum stendur, er sennilegt að varpfuglar í næsta nágrenni framkvæmda verði fyrir truflun, svo framarlega sem framkvæmt er á varptíma (maí-júlí). Þessi áhrif yrðu þó versta falli mjög lítil og ekki mælanleg á landsvísu þar sem mjög lítil hluti viðkomandi stofna yrði fyrir truflun.

Eftir að virkjun er komin í rekstur er varla fyrirsjáanlegt að um geti orðið að ræða nein veruleg bein áhrif á varpfugla. Háspennulínur sem kunna að bætast við á Hellisheiðinni virðast og lítt líklegar til að valda neinum teljandi skaða á fuglalífi fram yfir þann línuskóg sem þar er fyrir.

### *Ábendingar um frekari rannsóknir*

Hugsanleg áhrif orkuvers mætti kanna með því að endurtaka talningar á völdum sniðum á röskuðu og óröskuðu landi á t.d. 5-10 ára fresti.

Ekki hefur enn gefist tækifæri til þess að kanna not fugla að vetrarlagi eða vorlagi af hitasvæðum í Hengli og þessi svæði virtust ekki eftirsótt vorið 2001.

E.t.v. ætti að gera könnun á hugsanlegum notum fugla af þeim gufuvirkjunum sem nú eru í rekstri á Nesjavöllum og e.t.v. víðar hérlendis.

### *Ábendingar um mótvægisáðgerðir*

Á þessu stigi er rétt að benda á að framtíð blómlegs lífríkis í Hengli og Hellisheiði er mjög háð framboði á nothæfu vatni. Ráðstöfun kælivatns gæti verið mikilvæg í því sambandi. Auk vatns, skiptir gróðurhula og meðferð jarðvegs miklu máli. Til þess að efla gróður og jarðveg á svæðinu ætti að takmarka mjög búfjárbætur, og taka með öllu fyrir hana í fjallendinu. Enn fremur mynda yfirborðsnámur á svæðinu ljót sár og virðast enn draga að sér sóða.

### HEIMILDIR

Bibby, C. J., N. D. Burgess & D. A. Hill 1993. *Bird census techniques*. Academic Press, London. 257 bls.

Emlen, J. T. 1977. Estimating breeding season bird densities from transect counts. *Auk* 94: 455-468.

Järvinen, O. & R. A. Väisänen 1975. Estimating relative densities of breeding birds by the line transect method. *Oikos* 26: 316-322.



Tafla 1.

Þéttleiki fugla (pör varpugla á ferkm, aðrir sem einstaklingar á ferkm) á mosaheiðum (utan hrauna) sunnan og vestan við Hengil í júní 2001. A er heildarmíðurstaða. B er Bitra-Orustuhóll suðaustanvert við Hengil. C er Mosfellsheiði meðfram vestanverðum Hengli.

dags 2001 h.y.s. (m) gróður aðrs lengd sniða (km)	A Allar heiðar utan hrauna 22. maí, 6.-8. júní 260-450 blönduð mosaheiði utan hrauna 18.97				B Bitra-Orustuhóll 6.-7. júní 330-400 mosaheiði með fléttum 4.58				C Mosfellsheiði 7.-8. júní 260-320 mosaheiði, rakir slakkar, fléttur 9.66						
	N1	N	d	k	D	N1	N	d	k	D	N1	N	d	k	D
Varpfuglar (pör):															
Rjúpa	+	0	0.0		+	0	0.0			-	0	0.0			-
Sandlóa	0	0	0.0		-	0	0.0			-	0	0.0			-
Heiðlóa	21	36	11.1	0.0071	13.5	5	10.9	0.0059	12.8	15	25	15.5	0.0074	19.0	
Hrossagaukur	2	6	1.1	0.0037	1.2	0	1	0.0000	+	2	4	2.1	0.0059	2.4	
Spói	6	26	3.2	0.0025	3.4	3	8	0.0042	7.3	3	14	3.1	0.0023	3.3	
Stelkur	0	3	0.0		+	0	0.0		-	0	2	0.0		+	
Selningur	2	2	1.1	0.0200	2.1	0	0.0		-	2	2	2.1	0.0200	4.1	
Lóupræll	0	0	0.0		-	0	0.0		-	0	0	0.0		-	
Óðinshani	0	1	0.0		+	0	0.0		-	0	1	0.0		+	
Kjói	1	5	0.5	0.0021	0.6	0	1	0.0	+	1	3	1.0	0.0037	1.1	
Skógarbröstur	0	1	0.0		+	0	1	0.0	+	0	0	0.0		-	
Steindepill	1	2	0.5	0.0059	0.6	1	1	0.0200	4.4	0	1	0.0		+	
Púfúttittingur	15	30	7.9	0.0059	9.3	6	9	0.0085	16.6	9	14	9.3	0.0080	11.7	
Snjóttittingur	1	3	0.5	0.0037	0.6	0	2	0.0	+	1	1	1.0	0.0200	2.1	
Samtals:	49	115	25.8	0.0048	29.4	15	33	0.0052	37.7	33	67	34.1	0.0058	39.9	
Aðrir (einst.):															
Hrafn	0	1	0.0		+	0	0.0		-	0	1	0.0		+	
Heiðlóa (hópar)	0	7	0.0		+	0	0.0		-	0	7	0.0		+	

Skýringar: N1 = allar athuganir innan 50 m frá miðlinu sniðs, N = allar athuganir innan og utan 50 m frá miðlinu, k = leiðréttingarstuðull; d = óleiðréttur þéttleiki, varppör á ferkm (aðrir. einst. á ferkm) = N1 / flatarmál sniðs; D = leiðréttur þéttleiki á ferkm,

## Tafla 2.

Þéttleiki fugla á mosapembu á hrauni í Orustuhólshrauni á Hellisheiði

(Orustuhóll-Laki), um 360 m y.s., 22. maí - 16. júní 2001. Sjá nánari skýringar í Töflu 1.

lengd sniða (km)	14.00				
	<i>N1</i>	<i>N</i>	<i>d</i>	<i>k</i>	<i>D</i>
Varpfuglar (pör):					
Rjúpa	1	1	0.7	0.0200	1.4
Sandlóa	0	0	0.0		-
Heiðlóa	10	20	7.1	0.0059	8.4
Hrossagaukur	0	0	0.0		-
Spói	2	5	1.4	0.0045	1.6
Stelkur	0	0	0.0		-
Selningur	0	0	0.0		-
Lóupræll	0	0	0.0		-
Óðinshani	0	0	0.0		-
Kjói	2	2	1.4	0.0200	2.9
Skógarpröstur	0	0	0.0		-
Steindepill	1	2	0.7	0.0059	0.8
Þúfuttillingur	1	3	0.7	0.0037	0.8
Snjótittlingur	1	2	0.7	0.0059	0.8
Samtals:	18	35	12.9		15.2

## Tafla 3

Péttleiki fugla í graslendi við Hengil, 260 - 400 m y.s., 7. júní 2001: Innstidalur, Kolviðarhóll, Miðdalir og flöt sunnan Húsmúla.

lengd sniða (km)	2.98				
	<i>N1</i>	<i>N</i>	<i>d</i>	<i>k</i>	<i>D</i>
Varpfuglar (pör)					
Rjúpa	0	0	0.0		-
Sandlóa	0	0	0.0		-
Heiðlóa	11	16	36.9	0.0088	<b>47.4</b>
Hrossagaukur	2	7	6.7	0.0031	<b>7.3</b>
Spói	2	3	6.7	0.0085	<b>8.5</b>
Stelkur	4	4	13.4	0.0200	<b>26.9</b>
Selningur	0	0	0.0		-
Lóupræll	1	2	3.4	0.0059	<b>3.9</b>
Óðinshani	0	0	0.0		-
Kjói	0	0	0.0		-
Skógarpröstur	0	0	0.0		-
Steindepill	1	2	3.4	0.0059	<b>3.9</b>
Þúfutittlingur	3	3	10.1	0.0200	<b>20.1</b>
Snjótittlingur	0	1	0.0		+
<b>Samtals:</b>	<b>24</b>	<b>38</b>	<b>80.6</b>		<b>100.3</b>
Aðrir (einst.):					
Hrafn	0	1	0.0		+
Kjói	0	1	0.0		+
Tjaldur	1	1	3.4	0.0200	<b>6.7</b>
Sílamáfur	0	7	0.0		+



## Tafla 4.

Þéttleiki fugla í mýrlendi (flóa) í Fremstadal, um 330 m y.s., í Hengli, 7. júní 2001.

Sjá skýringar í Töflu 1.

lengd sniða (km)	1.60				
	<i>N1</i>	<i>N</i>	<i>d</i>	<i>k</i>	<i>D</i>
Varpfuglar (pör):					
Rjúpa	0	0	0.0		-
Sandlóa	0	0	0.0		-
Heiðlóa	5	8	31.2	0.0078	<b>38.7</b>
Hrossagaukur	5	10	31.2	0.0059	<b>36.5</b>
Spói	0	1	0.0	0.0000	+
Stelkur	1	2	6.2	0.0059	<b>7.3</b>
Selningur	0	1	0.0		+
Lóupræll	2	4	12.5	0.0059	<b>14.6</b>
Óðinshani	0	0	0.0		-
Kjói	0	0	0.0		-
Skógarþróstur	0	0	0.0		-
Steindepill	0	0	0.0		-
Þúfutittlingur	2	2	12.5	0.0200	<b>24.9</b>
Snjótittlingur	0	0	0.0		-
<b>Samtals:</b>	<b>15</b>	<b>28</b>	<b>93.5</b>		<b>111.2</b>

## Tafla 5

Þéttleiki fugla í fjalllendi og hlíðum Hengils, 330-750 m y.s., 6. - 12. júní 2001. Slitrótt gróðurhula og strjálgróður: rindar, skriður, snjódædir, klettar. Sjá skýringar í Töflu 1.

Auk þessa voru kannaðir 2,78 km á gróðurlausum fjallskollinum (750-800 m y.s.) þar sem enginn fugl fannst.

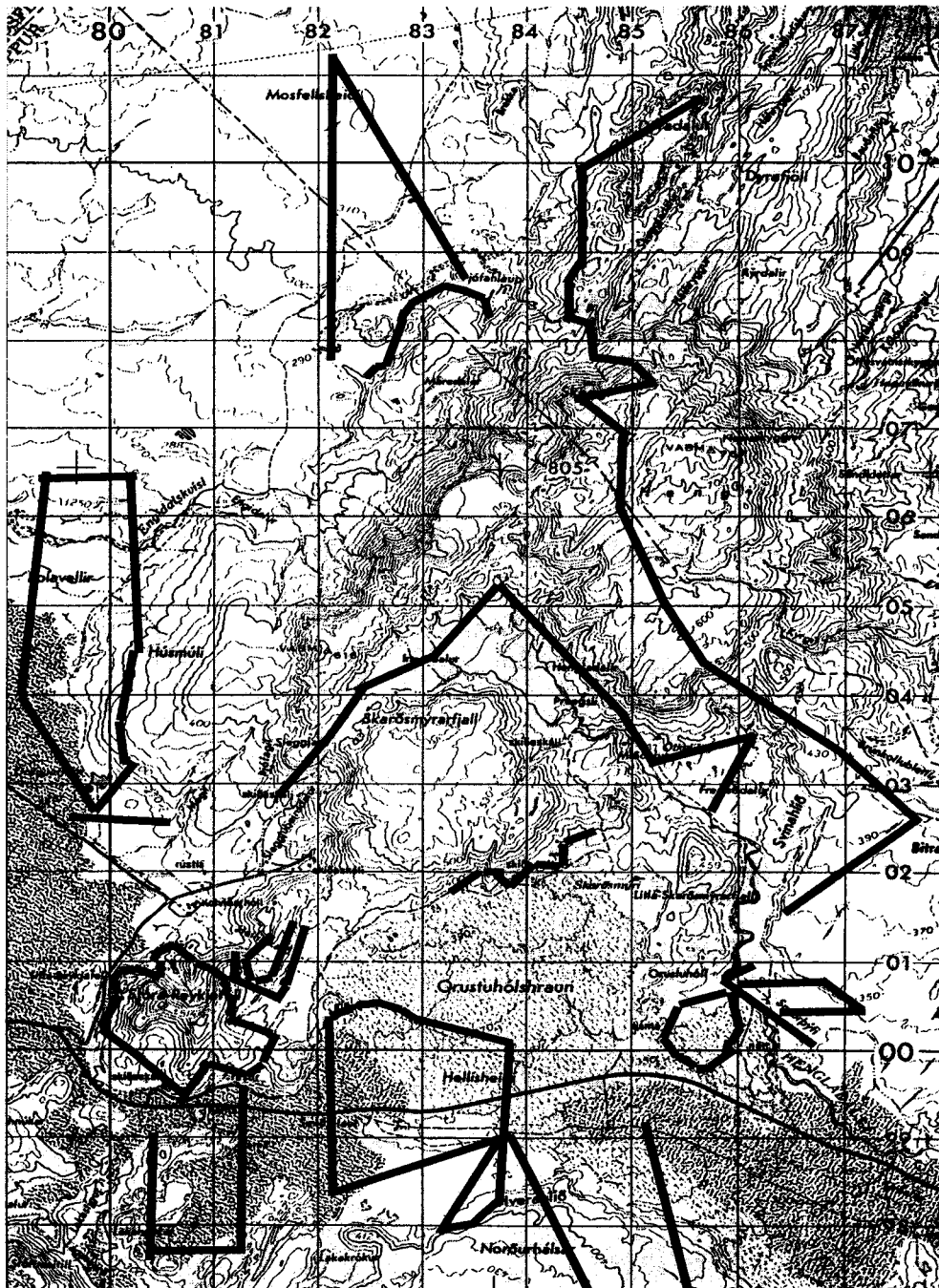
lengd sniða (km)	14.51				
	<i>N1</i>	<i>N</i>	<i>d</i>	<i>k</i>	<i>D</i>
Varpfuglar (pör):					
Rjúpa	0	0	0.0		-
Sandlóa	0	2	0.0		+
Heiðlóa	11	20	7.6	0.0066	<b>9.1</b>
Hrossagaukur	1	1	0.7	0.0200	<b>1.4</b>
Spói	4	7	2.8	0.0069	<b>3.3</b>
Stelkur	0	0	0.0		-
Selningur	2	2	1.4	0.0200	<b>2.8</b>
Lóupræll	0	0	0.0		-
Óðinshani	0	0	0.0		-
Kjói	0	0	0.0		-
Skógarpröstur	0	0	0.0		-
Steindepill	6	10	4.1	0.0074	<b>5.1</b>
Þúfutittlingur	3	7	2.1	0.0049	<b>2.4</b>
Snjótittlingur	5	8	3.4	0.0078	<b>4.3</b>
Hrafn	0	1	0.0		+
<b>Samtals:</b>	<b>32</b>	<b>58</b>	<b>22.1</b>		<b>28.2</b>
Aðrir (einst.):					
Hrafn	0	1	0.0		+

Tafla 6.

Þéttleiki fugla í hlíðum og hlíðarfótum kringum Hengil, um 350 m y.s., 6. - 28. júní 2001.  
Blandaður gróður, grasgefinn. Klettótt. Sjá nánari skýringar í Töflu 1.

lengd sniða (km)	8.30				
	<i>N1</i>	<i>N</i>	<i>d</i>	<i>k</i>	<i>D</i>
Varpfuglar (pör):					
Smyrill	1	1	1.2	0.0200	<b>2.4</b>
Rjúpa	+	0	0.0		<b>+</b>
Sandlóa	0	0	0.0		<b>-</b>
Heiðlóa	7	12	8.4	0.0071	<b>10.3</b>
Hrossagaukur	1	1	1.2	0.0200	<b>2.4</b>
Spói	5	6	6.0	0.0118	<b>8.6</b>
Stelkur	0	1	0.0		<b>+</b>
Selningur	0	0	0.0		<b>-</b>
Lóupræll	0	0	0.0		<b>-</b>
Óðinshani	0	0	0.0		<b>-</b>
Kjóí	0	1	0.0		<b>+</b>
Skógarpröstur	1	1	1.2	0.0200	<b>2.4</b>
Steindepill	4	7	4.8	0.0069	<b>5.8</b>
Þúfutittlingur	4	5	4.8	0.0111	<b>6.7</b>
Snjótittlingur	1	2	1.2	0.0059	<b>1.4</b>
Hrafn	2	2	2.4	0.0200	<b>4.8</b>
Samtals	26	39	31.3		<b>44.8</b>





1. mynd. Könnuð snið á Mosfellsheiði, Hengli og Hellisheiði vorið 2001.

Grunnur AMS 1613 II, UTM net 1km.

## FJÓLRIT LÍFFRÆDISTOFNUNAR

1. Agnar Ingólfsson, Arnþór Garðarsson og Sveinn Ingvarsson. 1972. *Botndýralíf í Akureyrarpoll, könnun í marz 1972.*
2. Arnþór Garðarsson, Jónbjörn Pálsson og Agnar Ingólfsson. 1974. *Könnun og kortlagning lífríkis í suðurhluta Leiruvogs nærri Reykjavík.*
3. Agnar Ingólfsson og Svend-Aage Malmberg. 1974. *Vistfræðilegar rannsóknir í Hvalfirði, Borgarfirði og Hraunfirði. Yfirlitsskýrsla.*
4. Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson. 1975. *Forkönnun á lífríki Laxárvogs, Álftafjarðar og Ömundarfjarðar.*
5. Agnar Ingólfsson og Jón G. Ottósson. 1975. *Rannsóknir á umferð fugla við Keflavíkurlflugvöll.*
6. Sveinn Ingvarsson. 1976. *Skýrsla um gagnasöfnun vegna hugsanlegrar mengunar af völdum járnblendiverksmiðju.*
7. Arnþór Garðarsson, Agnar Ingólfsson og Jón Eldon. 1976. *Lokaskýrsla um rannsóknir á óshólmasvæði Eyjafjarðarár 1974 og 1975.*
8. Agnar Ingólfsson. 1976. *Forkönnun á lífríki Gilsfjarðar, Þorskafjarðar, Djúpafjarðar, Gufufjarðar og nærliggjandi fjarða.*
9. Arnþór Garðarsson og Kristín Aðalsteinsdóttir. 1977. *Rannsóknir í Skerjafirði. I. Botndýralíf.*
10. Agnar Ingólfsson. 1977. *Rannsóknir í Skerjafirði. II. Lífríki fjöru.*
11. Agnar Ingólfsson. 1978. *Greiningarlykill yfir stórkrabba (Malacostraca) í fjörum.*
12. Arnþór Garðarsson, Ólafur K. Nielsen og Agnar Ingólfsson. 1980. *Rannsóknir í Ömundarfirði og víðar á Vestfjörðum 1979. Fuglar og fjörur.*
13. Agnar Ingólfsson, Anna Kjartansdóttir og Arnþór Garðarsson. 1980. *Athuganir á fuglum og smádýralífi í Skarðsfirði.*
14. Kristín Aðalsteinsdóttir og Arnþór Garðarsson. 1980. *Botndýralíf í Hvalfirði.*
15. Agnar Ingólfsson og Árni Einarsson. 1980. *Forkönnun á lífríki Nýpslóns og Skógalóns við Vopnafjörð.*
16. Agnar Ingólfsson og Guðmundur Víðir Helgason. 1982. *Athuganir á lífríki Skógalóns við Vopnafjörð.*
17. Hörður Kristinsson, Bergþór Jóhannsson og Eypór Einarsson. 1983. *Grasfræðirannsóknir við Hvalfjörð.*
18. Gísli Már Gíslason. 1983. *Könnun á dýralífi í Eidísvatni, Borgarfjarðarsýslu.*
19. Jón Eldon. 1983. *Þungmálmur í mosa, jarðvegi og regnvatni í nágrenni Grundartanga 1978 og 1979.*
20. Guðni Á. Alfreðsson, Jakob K. Kristjánsson og Guðmundur Eggertsson. 1984. *Líftækni á Íslandi, kynning á líftæknilegri örverufræði og erfðatækni.*
21. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1984. *Þjórásarver. Gróður og jarðvegur og áhrif Kvíslaveitu.*
22. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1985. *Þjórásarver. Vistfræðirannsóknir 1984.*
23. Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson. 1986. *Fuglaathuganir í Dýrafirði 1985.*
24. Agnar Ingólfsson. 1986. *Fjörulíf í innanverðum Dýrafirði.*
25. Jörundur Svavarsson og Arnþór Garðarsson. 1986. *Botndýralíf í Dýrafirði.*
26. Agnar Ingólfsson og Jörundur Svavarsson. 1989. *Forkönnun á lífríki Gilsfjarðar.*
27. Agnar Ingólfsson. 1990. *Rannsóknir á lífríki fjöru umhverfis kerbrotagryffur í Straumsvík.*
- 27b. Agnar Ingólfsson. 1990. *A survey of intertidal organisms around dumping pits for pot linings at Straumsvík, southwestern Iceland.*
28. Jörundur Svavarsson. 1990. *Studies on the rocky subtidal communities in vicinity of a dumping pit for pot linings at Straumsvík, southwestern Iceland.*
29. Agnar Ingólfsson. 1990. *Athuganir á rauðbrystingum í Gilsfirði í maí 1990.*
30. Guðmundur Víðir Helgason og Jörundur Svavarsson. 1991. *Botndýralíf í Þerneyjarsundi.*
31. Agnar Ingólfsson. 1991. *Athuganir á lífríki fjöru við Álfsnes.*
32. Einar Árnason. 1991. *Rýnt í skýrslur Hafrannsóknarstofnunar.*
33. Einar Árnason, Snæbjörn Pálsson, Aðalgeir Arason og Vilhjálmur Þorsteinsson. 1992. *Stofngerð Þorsks (Gadus morhua) við Ísland og víðar metin með breytileika í DNA orkukorna (mtDNA).*
34. Jörundur Svavarsson, Guðmundur V. Helgason og Stefán Á. Ragnarsson. 1991. *Rannsóknir á lífríki klettbotns neðansjávar í Hraunsvík við Hafnarfjörð.*

35. Einar Árnason og Snæbjörn Pálsson. 1992. *Skerðibútagreining á mtDNA bleikju, lax og urriða.*
36. Jörundur Svavarsson og Halldóra Skarphéðinsdóttir. 1993. *Vansköpun af völdum tribútyltinmengunar hjá íslenskum nákuðungum.*
37. Jörundur Svavarsson. 1995. *Tributyltin in the marine environment, with special reference to Nordic waters. - A literature survey.*
38. Gísli Már Gíslason, Guðrún Lárusdóttir, Hákon Aðalsteinsson, Ólöf Ýrr Atladóttir og Þóra Hrafnadóttir. 1996. *Dýralíf austan Hágangna og í Vonarskarði. Könnun í ágúst 1996. Skýrsla til Landsvirkjunar.*
39. Anne-Charlotte Fasquel, Hlynur Sigurgíslason, Gunnar Gunnarsson og Einar Árnason. 1997. *Mitochondrial cytochrome b DNA sequence variation of Atlantic cod, Gadus morhua, from Greenland and Ísafjarðardjúp, Iceland.*
40. Arnþór Garðarsson. 1997. *Fjöldi heiðagæsar í Þjórsárverum 1996.*
41. Jón S. Ólafsson, Guðrún Lárusdóttir og Gísli Már Gíslason. 1998. *Botndýralíf í Elliðaánum.*
- 42a. Gísli Már Gíslason. 1998. *Áhrif kerbrotagryfja á lífríki í Straumsvík.*
- 42b. Gísli Már Gíslason. 1998. *The environmental impact of dumping pits for potlinings and filterdust from ISAL aluminium smelter at Straumsvík.*
43. Guðmundur V. Helgason, Jón S. Ólafsson og Arnþór Garðarsson. 1998. *Lífríki við Hvaleyri.*
44. Jörundur Svavarsson. 1999. *Vansköpun af völdum tribútyltins hjá nákuðungi (Nucella lapillus) við Íslandsstrendur.*
45. Gísli Már Gíslason. 1999. *Áhrif löns á vatnalíf á áhrifasvæði Norðlingaölduveitu.*
46. Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 1999. *Forkönnun á lífríki fjöru við iðnaðarlóðina Hraun í Reyðarfirði.*
47. Agnar Ingólfsson. 1999. *Rannsóknir á lífríki í Kolgrafafirði. Fuglar, fjörur og sjávarbotn.*
48. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1999. *Kolgrafafjörður. Rannsóknir á flóru og gróðri.*
49. Jörundur Svavarsson. 1999. *Forkönnun á lífríki botns neðan fjöru við iðnaðarlóðina Hraun í Reyðarfirði.*
50. Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 1999. *Lífríki í grýttum fjörum milli Geldinganness og Gunnuness. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
51. Agnar Ingólfsson. 1999. *Lífríki í leirum í Leiruvogi og við Blikastaði. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
52. Jörundur Svavarsson. 2000. *Botndýralíf við mynni Leiruvogs. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
53. Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson. 2000. *Rannsóknir á lífríki við Borgarnes: leirur, fitjar, gróður á landi og fuglar.*
54. Jón S. Ólafsson, Gísli Már Gíslason, Sesselja G. Sigurðardóttir og Stefán Már Stefánsson. 2001. *Botndýr í Úlfarsá: Könnun í maí 1999. Unnið fyrir Borgarverkfræðinginn í Reykjavík.*
55. Karen Jenný Heiðarsdóttir og Eva Benediktsdóttir. 2001. *Culture media for optimal isolation of Moritella viscosa from Atlantic Salmon (Salmo salar) with winter ulcer.*
56. Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson. 2001. *Lífríki Hnifár í Þjórsárverum. Könnun gerð í ágúst 2001.*
57. Arnþór Garðarsson. 2002. *Landnotkun heiðagæsar á grónu landi í sunnanverðum Þjórsárverum.*



# **Fornleifakönnun á Hellisheiði vegna virkjunar**

**Birna Lárusdóttir og Sædís Gunnarsdóttir**

**FS216-03101  
Reykjavík 2003**



© Fornleifastofnun Íslands 2003

Bárugötu 3

101 Reykjavík

Sími: 551 1033

Fax: 551 1047

Netfang: [fsi@instarch.is](mailto:fsi@instarch.is)

Heimasíða: [www.instarch.is](http://www.instarch.is)

## Efnisyfirlit

I. Inngangur .....	4
II. Löggjöf um minjavernd .....	5
III. Fornleifakönnun 2003 .....	7
III.I Fornleifar í landi Hólms GK-213.....	7
III.II Fornleifar í landi Miðdals GK-255 .....	8
III.III Fornleifar í landi Elliðakots (Helliskots) GK-256.....	9
IV. Niðurstöður .....	12
V. Heimildir.....	13



## I. Inngangur

Hitaveita Reykjavíkur hyggst leggja hitaveituæð á sunnanverðu Hengilssvæðinu vegna nýrrar jarðvarmavirkjunar. Að ósk Hitaveitu Reykjavíkur voru fornleifar á svæðinu kannaðar vegna mats á áhrifum lagningar æðarinnar. Vettvangsvinnan var unnin í lok október 2003. Ráðgert er að hitaveituæðin fylgi að mestu núverandi háspennulínunum. Næst virkjuninni er áformað að lögnin fylgi í fyrstu gamla þjóðveginum frá Hamragilsvegi við Kolviðarhól inn á Svínahraun. Síðan verður lögnin sunnan við Sogslínu 2 alla leið vestur fyrir spennivirkið á Geithálsi þar sem hitaveituæð mun þvera háspennulínuna til norðvesturs að miðlunargeymunum á Reynisvatnsheiði. Tekin var saman skrá yfir allar þekktar fornleifar í landi jarðanna Hólms, Miðdals, Elliðakots (Helliskots) og Reynisvatns sem og í hluta af afréttarlandi Kópavogs. Á vettvangi tók rannsóknarsvæðið mið af skipulagi framkvæmda. Gengin var 100 metra breið ræma meðfram tveimur samsíða háspennulínunum, Sogslínu 2 og Búrfellslínu 2, allt frá svæðinu austan við Lyklafell, vestur fyrir Geitháls, að miðlunargeymum Orkuveitunnar. Árið 1998 fór fram fornleifakönnun á afrétti Ölfushrepps og vísast í þá skýrslu um austurhluta svæðisins.<sup>1</sup>

Í þessari skýrslu er greint frá árangri fornleifakönnunar og fylgja henni lýsingar á hverjum minjastað fyrir sig. Sædís Gunnarsdóttir skráði fornleifar eftir fyrirbyggjandi heimildum og ritaði skýrslu en Birna Lárusdóttir vann vettvangsvinnu og var verkið unnið undir stjórn Adolfs Friðrikssonar.

---

<sup>1</sup> Sjá: Orri Vésteinsson: *Fornleifar á afrétti Ölfushrepps*. FS062-97013. Árbæjarsafn/Fornleifastofnun Íslands, Reykjavík 1998.

## II. Löggjöf um minjavernd

Á undanförunum árum hafa verið gerðar breytingar á löggjöf um verndun fornleifa og hefur eftirlit með framkvæmd laganna verið aukið. Fornleifaskráning er bundin skipulagsgerð í þjóðminjalögum (nr. 107/2001) en þar segir í 11. gr.: „Skylt er að fornleifaskráning fari fram áður en gengið er frá svæðisskipulagi, aðalskipulagi eða deiliskipulagi eða endurskoðun þess og skal sá sem ber ábyrgð á skipulagsgerð í samræmi við skipulagslög standa straum af kostnaði við skráninguna.“ Samkvæmt 10. grein þjóðminjalaga eru allar fornleifar á Íslandi friðhelgar: „Fornleifum má enginn, hvorki landeigandi, ábúandi né nokkur annar, spilla, granda né breyta, ekki heldur hylja þær, laga né aflaga né úr stað flytja nema með leyfi Fornleifaverndar ríkisins.“

Er þessi fornleifakönnun í anda þeirra markmiða sem sett hafa verið þessari löggjöf. Mat á áhrifum skipulags á fornleifar gerir kröfur um fjölbætta athugun á heimildum og vettvangsrannsókn, enda er skilgreining á fornleifum í þjóðminjalögum víðtæk. Til fornleifa teljast hvers kyns leifa fornra mannvirkja og annarra staðbundinna minja sem menn hafa gert eða mannaverk eru á, svo sem:

- a. byggðaleifar, bæjarstaði og bæjarleifar ásamt tilheyrandi mannvirkjum, húsaleifar hvers kyns, svo sem kirkna, bænahúsa og búða, leifar af verbúðum, naustum, verslunarstöðum og byggðaleifar í hellum og skútum;
- b. vinnustaðir þar sem aflað var fanga, svo sem leifar af seljum, verstöðvum, bólum, mógröfum, kolagröfum og rauðablæstri;
- c. gömul tún- og akurgerði, áveitumannvirki og leifar eftir veiðar til sjávar og sveita;
- d. gamlir vegir, stíflur, brýr, vatnsvöð, varir, hafnir og bátalægi, slippir, ferjustaðir, kláfar, vörður og vitar og önnur vega- og siglingamerki ásamt kennileitum þeirra;
- e. virki og skansar og önnur varnarmannvirki;
- f. gamlir þingstaðir, meintir hörgar, hof og vé, brunnar, uppsprettur, álagablettir og aðrir staðir og kennileiti sem tengjast siðum, venjum, þjóðtrú eða þjóðsagnahefð;
- g. áletranir, myndir eða önnur verksummerki af manna völdum í hellum eða skútum, á klettum, klöppum eða jarðföstum steinum;
- h. haugar, dysjar og aðrir greftrunarstaðir úr heiðnum eða kristnum sið;
- i. skipsflök eða hlutar úr þeim.

Að jafnaði skal telja minjar 100 ára og eldri til fornleifa.

Það er skýrt af þessari skilgreiningu að fornleifar eru ekki aðeins öll mannvirki heldur einnig staðir sem á einn eða annan hátt tengjast menningu og atvinnuvegum, hvort heldur sem er vöð eða álagablettir. Þessari skilgreiningu hefur verið fylgt við fornleifaskráninguna. Ef

mannvistarleifar sem falla undir ofangreinda skilgreiningu finnast á fyrirhuguðu framkvæmdasvæði, þá þarf að leita heimildar til að hreyfa við þeim. Í 13. gr. Þjóðminjalaga segir m.a.: „Nú finnast fornleifar sem áður voru ókunnar og skal finnandi þá skýra Fornleifavernd ríkisins frá fundinum svo fljótt sem unnt er... Ef fornleifar finnast við framkvæmd verks skal sá sem fyrir því stendur stöðva framkvæmd uns fengin er ákvörðun Fornleifaverndar ríkisins um hvort verki megi fram halda og með hvaða skilmálum.”



### III. Fornleifakönnun 2003

Hér að aftan er birt skrá yfir fornleifar sem eru nálægt fyrirhugaðri hitaveituæð. Miðað var við að skrá staði sem voru innan 50 m frá henni til hvorrar áttar en stundum er vikið frá þeirri reglu og verður það skýrt á hverjum minjastað fyrir sig. Fyrir lágu upplýsingar frá Orkuveitunni um fyrirhugaðar framkvæmdir. Þar segir: „Áætlað er að grafa þurfi 3-5 m breiðan skurð fyrir pípuna, sem verður um 1 m í þvermál. Að lokinni framkvæmdinni verður fyllt í skurðinn og yfirborðið sléttað og grætt upp til samræmis við nánasta umhverfi. Vegslóðar sem fyrir eru þ.e. gamli þjóðvegurinn og línuvegur meðfram Sogslínu 2 verða nýttir við framkvæmdina eins og hægt er. Þjónustuvegur verður meðfram hitaveituæðinni.“ Þegar fornleifar eru skráðar vegna fyrirhugaðra framkvæmda þarf að meta í hvert sinn hversu stórt áhrifasvæðið er og fer það eftir umfangi verksins. Í þetta sinn var ákveðið að skrá allar minjar á 100 m breiðu svæði. Þetta er til hagræðis, bæði fyrir framkvæmdaaðila og þá sem hafa verndun minja að leiðarljósi. Þó er ljóst að fæstar minjanna á þessu svæði eru í stórhættu vegna framkvæmdanna.

Í skráningarkerfi Fornleifastofnunar hefur hver sýsla skammstafað heiti og hver jörð hefur númer. Miðað er við jarðaskiptingu eins og hún kemur fyrir í Jarðatali Johnsens frá 1847 og byggir tölusetning jarðanna á því. Þá er hverjum minjastað gefin kennitala sem hengd er við sýslutákn og jarðarnúmer (dæmi: GK-257:005). Upplýsingar um hvern stað eru settar fram á staðlaðan hátt: Fyrst kemur kennitala staðarins í gagnagrunni Fornleifastofnunar, staðarheiti, tegund fornleifar, hlutverk og hnattstaða í gráðum og mínútum. Þar næst kemur tilvitnun í heimild ef einhver er, lýsing á staðsetningu, aðstæðum og að lokum aðrar upplýsingar, hættumat og heimildaskrá. Hættustig eru þrjú: 1) Stórhætta, 2) hætta og 3) engin hætta. Fornleif er metin í stórhættu ef miklar líkur eru á að hún eyðileggist eða hverfi vegna framkvæmda. Fornleifar sem eru 50 m eða minna frá fyrirhugðu framkvæmdasvæði eru metnar í hættu, enda þarf að fara með gát í námunda við þær. Séu fornleifar lengra frá þungamiðju framkvæmda teljast þær ekki í hættu nema til komi breytt skipulag.

#### III.I Fornleifar í landi Hólms GK-213

Í landi Hólms voru skráðir tveir minjastaðir: einn áningarstaður og einn minjastaður með mannvirkjum sem líklega tengjast veru hersins á svæðinu.

**GK-213:042** *Hofmannaföt*

heimild

áningastaður 65°06.034N 21°41.446V

“Norðan Hestabrekkuhæðar er Hofmannaflöt (-flatir) sem að líkindum er gamall áningastaður enda liggja gamlar götur þaðan í Almannadal [sjá 024-028], þetta dalverpi norðan Þingvallavegar er nú ekki svipur hjá sjón, blásið upp að mestu.” segir í örnefnaskrá. Flötin er austan undir Geithálsi og liggja Sogslína 2 og Búrfellslína 2 yfir hana. Grösug flöt í slakka en gróðurlitlir melar eru í kring. Að vestanverðu hækkar landið upp að Geithálsi.

**Heimildir:** Ö-Hólmsheiði, 5

**Hættumat:** Hætta vegna framkvæmda

**GK-213:043**

tóft herminjar

64.85.997N

21°41.643V

Sunnan við Hofmannaflöt 042 og um 50 m vestan við veg sem liggur austan Geitháls og að suðurenda Hafravatns, eru steiptir grunnar sem gætu verið úr síðari heimsstyrjöldinni. Þetta er um 100 m sunnan við Sogslínu 2. Fremur gróðurlítill en stór slakki eða hvammur. Steiptur grunnur, um 8 x 4 m stór og snýr norður-suður. Við



norðurenda hans er hrunin múrsteinshleðsla, e.t.v. úr ofni. Þar eru samskonar múrsteinar og sjást í mannvirkjum frá hernámsárunum t.d. í Hvalfirði. Sunnan við steiptu plötuna mótar fyrir grunni annars húss en heldur er það óljóst. Um 70 m vestar er önnur steipt plata, heldur stærri en sú sem áður var lýst. Líklega eru enn fleiri menjar um veru hersins á svæðinu en þó ekki nær fyrirhugaðri hitaveituæð. Þess má geta að á korti landmælinga stendur “rústir” á þessum stað. Engar mannvistarleifar eru þó sjáanlegar aðrar en þær sem hér hefur verið lýst.

**Heimildir:** Herforingjaráðskort

**Hættumat:** Engin hætta

### III.II Fornleifar í landi Miðdals GK-255

Í landi Miðdals er skráð hjáleigan Sólheimakot, en ekki er vitað hvenær hún var í byggð.

**GK-255:018**                      *Sólheimakot*                      bæjarstæði býli      64°05.660N 21.39.373V  
“Skammt suður af Fífikrók [móts við 017] er Sólheimakot, hjáleiga frá Miðdal, sést þar vel fyrir veggjum.” segir í örnefnaskrá Sólheimakot er rúma 700 m NV af Elliðakoti og beint sunnanundir Sogslínu 2. Þar stendur nú rautt timburhús sem Hundaræktarfélag Íslands er með á leigu. Það er á einni hæð. Húsið stendur á sléttu malarplani á hæð. Fram af því er brekka mót suðri og þar fyrir neðan mýri. Upp eða norður af húsinu er melur. Brekkan fram af húsinu er gróðurryr og þar er skammt niður á mel og víða rof. Þar hefur verið plantað trjám. Engar minjar eru sjáanlega eftir kotið og heldur ekkert túnstæði. Það virðist mjög hæpið að nokkrar mannvistaleifar sé ofan/norðan við húsið þar sem nýja æðin á að liggja. Samt er það æskilegt að þar verið farið með gát við uppgröft.

**Heimildir:** Ö-Miðdalur, 4

**Hættumat:** Hætta vegna framkvæmda

### III.III Fornleifar í landi Elliðakots (Helliskots) GK-256

Flestar minjarnar eru í landi Elliðakots, alls sjö að tölu, fjórar vörður, ein tóft og tvær leiðir.

**GK-256:032**    gata                      leið      64°05.368N      21°37.325V  
1,7 km austur af Sólheimakoti liggja gamlar reiðgötur undir Sogslínu 2 og Búrfellslínu 2. Á þessum stað eru fremur harðlendir grónir slakkar með grýttum holtum á milli. Göturnar liggja um grunnan slakka frá NA til SV. Þær eru alveg uppgrónar en þó má greina allt að 5-6 samhliða paldra.

**Hættumat:** Hætta vegna framkvæmda

**GK-256:033**    tóft    64°05.358N      21°36.991V  
270 metra A af götunni 032 og 85 metra N við Búrfellslínu 2 er mjög óljós tóft. Í lyngivöxnum hvammi móti SV. Alls er tóftin 9x4 m að stærð og snýr NA-SV. Suðvesturhlutinn er mjög ógreinilegur, vart nema þúst. Í NA enda vottar hinsvegar fyrir hólfí, um 4x2 m NA-SV. Tóftin er algróin og hvergi sjást veggjaskil nema nyrst og eru grjóthleðslur hvergi sjáanlegar. Veggjahæð mest 0,2 m.

**Hættumat:** Engin hætta

**GK-256:034**    varða                      samgöngubót                      64°05.237N      21°36.542V

Vörðuð leið liggur undir Sogslínu 2 og Búrfellslínu 2 680 m A af 032. Alls eru þrjár vörður á leiðinni, og eru þær allar fast við háspennulínurnar. Hér er skráð varðan í miðjunni, og er hún 20m N Búrfellslínu 2. Grýtt holt en grónar lægðir á milli. Varðan er byggð utan í stóran stein á flötu klapparholti, vestan í steininum. Hún er vel hlaðin, 1,7 m há og um 0,6x0,8 m í grunnflötinn. Götur sjást ekki á þessum stað.



**Hættumat:** Hætta vegna framkvæmda

**GK-256:035** varða samgöngubót 64°05.186N 21°36.195V

Þessi varða er líklega á sömu leið og 034. Hún er 300 m A af 034 og 20-25 m N af Búrfellslínu 2. Varðan er hlaðin á flatri klöpp á holti. Varðan stendur fullkomlega, hæð hennar er um 1,5 m og hún er 0,6x0,6 m að grunnfleti. Varðan er köntuð á hornunum. Rúmum 100 m V við liggur girðing N-S. Vestan við holtið er löng, gróin lág, sem liggur NA-SV. Í henni örlar á götuslóðum sem gætu tengst þessari vörðu.



**Hættumat:** Hætta vegna framkvæmda

**GK-256:036** varða samgöngubót 64°05.227N 21°36.876V

Þriðja varðan (sjá 034-035) er um 50 m sunnan við Sogslínu 2, 270 m VSV af vörðu 034. Varðan er á lágu mosagrónu holti á flatri klöpp. Stæðileg varða, 1,6 m há og um 1x1 m að grunnflatarmáli. Hleðslugrjótið er mjög stórt neðst en minnkar eftir því sem ofar dregur. Ekkert er farið að hrynja úr henni.

**Hættumat:** Stórhætta vegna framkvæmda

**GK-256:037** varða 64°04.698N 21°33.237V

Tvær vörður eru undir Búrfellslínu 3A, á rana sem gengur til S frá Lyklafelli. Grýtt holt en vel mosagróið að norðanverðu. Nyrðri varðan er hlaðin á klöpp rúmlega, 1,5 m há og um 0,6-0,8 m um sig. Stór steinn hefur verið reistur upp á rönd í grunni hennar sunnan megin og styður undir efri hlutann. Hin varðan er tæpum 15 m sunnar. Hún lætur minna yfir sér, og er



aðeins um 1 m á hæð. Ekki sjást aðrar vörður í námunda sem augljóslega tengja þessar vörður við hinar vörðurnar 034-036

**Hættumat:** Hætta vegna framkvæmda



**GK-256:038** gata leið 64°04.604N 21°32.727V

Hátt í 100 m A við Lyklafellsá sést djúp og mikil gata. Hún liggur um moslendi á þessum stað en víða eru flög og melar inn á milli. Gatan liggur NA-SV, samsíða ánni og fer undir háspennulínurnar. Undir þeim og fast norðan við þær er gatan einungis veigalítill troðningur en um 2-300 m norðar er hún dýpri og greinilegri. Þar liggur gatan vestan í ávalri hæðarbungu.

**Hættumat:** Hætta vegna framkvæmda

## IV. Niðurstöður

Alls voru skráðar 10 fornleifar í námunda við fyrirhugaða hitaveituæð.

- Þótt flestar fornleifanna, eða 7 talsins, séu skráðar í hættu eru þær ekki í þungamiðju framkvæmdanna og ætti að vera auðvelt að sneiða hjá þeim. Þó er nauðsynlegt að framkvæmdaaðilar kynni sér staðsetningu fornleifanna og ætti að vera auðvelt að merkja þær, t.d. með flöggum.
- Ein fornleif, varða GK-256:036, er hér um bil í nýja lagnarstæðinu. Hún telst því í stórhættu.
- Tvær fornleifar eru um 100 m frá fyrirhuguðu lagnarstæði og teljast því ekki í hættu.

Fornleifavernd ríkisins skera endanlega úr um nauðsynlegar mótvægisáðgerðir. Hafa ber í huga þann möguleika að fleiri minjar leynist á framkvæmdasvæðinu sem ekki eru þekktar og sjást ekki á yfirborði. Helstu tegundir minjastaða sem skráðir voru eru á þessa leið: Vörður (4), tóft (1), gamlar götur (2), býli (1), áningastaður (1), herminjar (1).

Vörðurnar eru allar á austasta hluta svæðisins, milli Lyklafells og brúnarinnar austan Sólheimakots, allar skammt frá háspennulínunum, Sogslínu 2, Búrfellslínu 2 og í einu tilviki Búrfellslínu 3A (GK-256:037). Hlutverk einnar þeirra er óljóst en þrjár þeirra hafa greinilega verið vegvísar á sömu leið en um aldir lágu leiðir manna um Hellisheiði, milli Kjalarnesþings og vesturhluta Árnassýslu og er mikilvægt að varðveita slíkar fornar samgönguminjar. Þó ólíklegt sé að nokkrar minjar séu eftir Sólheimakot á framkvæmdasvæðinu er rétt að ítreka að farið verði með gát við framkvæmdir þar.

## V. Heimildir

Óprentaðar heimildir:

**Ísleif, gagnasafn um íslenskar fornleifar.** Fornleifastofnun Íslands.

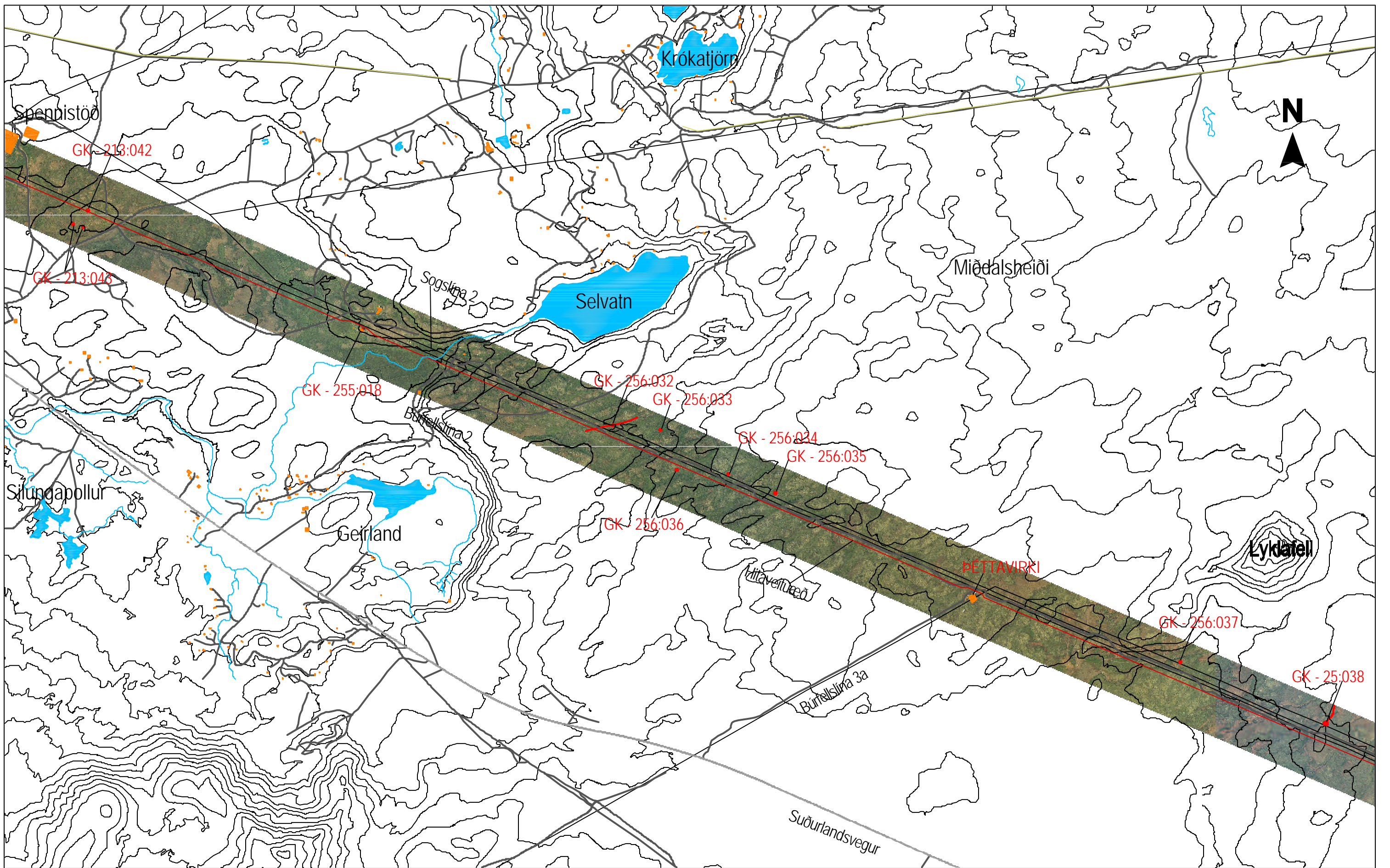
**Túnakort:** Túnakort fyrir Seltjarnarneshrepp og Mosfellssveit 1916. Þjóðskjalasafn Íslands.

**Ö-Hólmsheiði.** Örnefni á Hólmsheiði og svæðinu austan við Rauðavatn. Guðlaugur R. Guðmundsson skráði. Örnefnastofnun

**Ö-Miðdalur.** Örnefnaskrá fyrir Miðdal. Tryggvi Einarsson frá Miðdal skráði. Örnefnastofnun.

Prentaðar heimildir:

Orrí Vésteinsson: *Fornleifar á afrétti Ölfushrepps.* FS062-97013.  
Árbæjarsafn/Fornleifastofnun Íslands, Reykjavík 1998.



500 m

25 m Hæðarlínur  
Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.

MYND 14. MENNINGARMINJAR Á LAGNALEIÐ HITAVEITUÆÐAR

- SKÝRINGAR -
- MENNINGARMINJAR
- MANNVIRKI
- HITAVEITUÆÐ





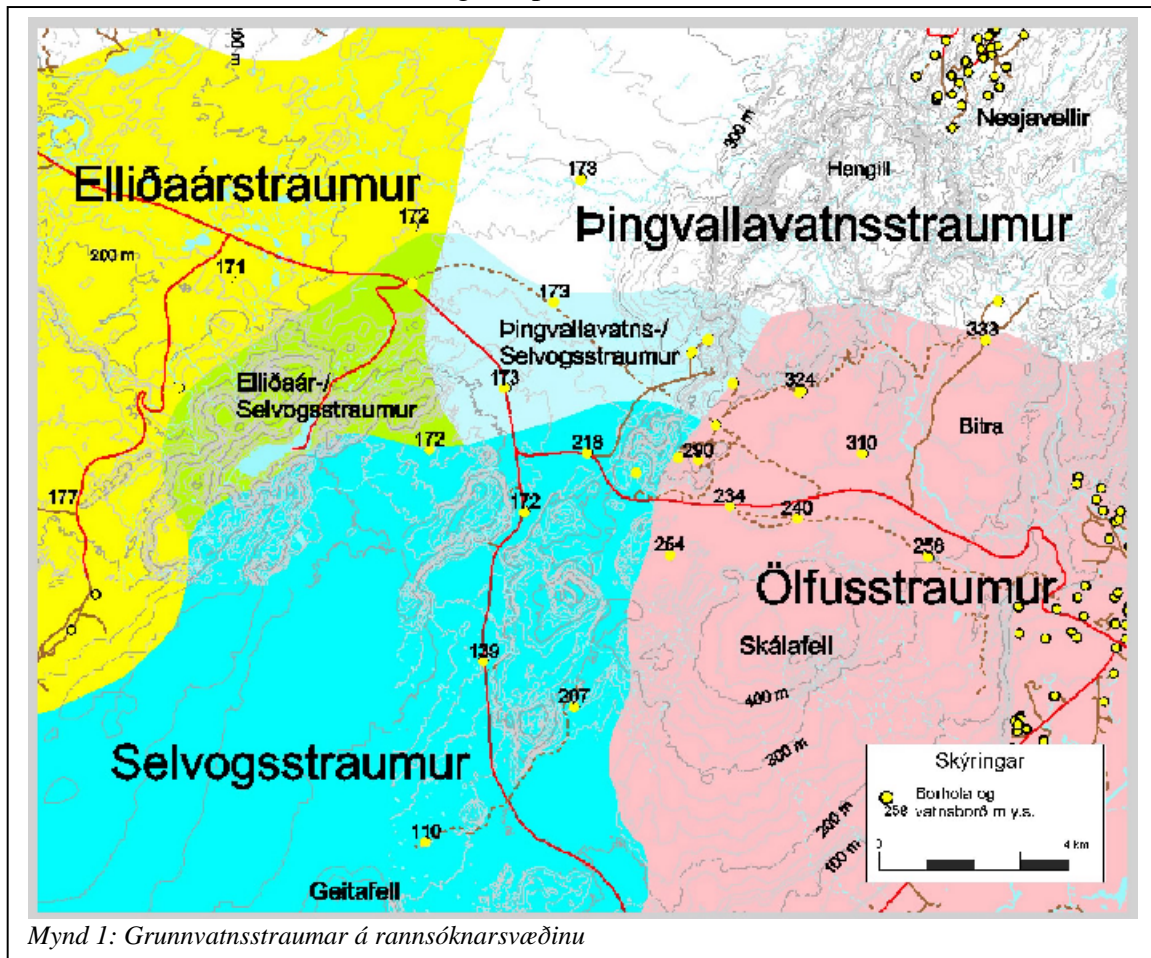
## Vatnafar á Hellisheiði og nágrenni

Gestur Gíslason

4. nóvember 2003

Veigamikill þáttur í undirbúningi væntanlegrar jarðvarmavirkjunar á suðvestanverðu Hengilssvæði eru rannsóknir á grunnvatni. Þá er meðal annars leitað eftir hentugum stað til öflunar á köldu vatni vegna framleiðslu á hitaveituvatni og einnig hvaða áhrif það hafi að losa jarðhitavatn í grunnvatn. Þar sem lokaútfærsla á virkjuninni liggur ekki fyrir er ekki ljóst hvaða þörf er á köldu vatni eða hve mikið af skiljuvatni verður losað í grunnvatn ef sá kostur verður valinn. Í þeirri rannsóknarvinnu sem nú fer fram er miðað við að útvega þurfi allt að 2000 l/s af köldu vatni og að allt að 800 l/s af skiljuvatni verði losað í grunnvatnsstrauma. Hefur rannsóknin miðað að því að finna hvar og hvernig best sé að standa að þessu verki.

Grunnvatnskerfi á svæðinu umhverfis fyrirhugað virkjanasvæði hefur reynst afar flókið og því þurft að leggja drjúgstórt svæði undir grunnvatnsrannsóknirnar. Til vesturs markast svæðið af ströndinni við Faxaflóa og vatnasviði Kleifarvatns, en suðurströndin og Ölfusá takmarka það að sunnan og austan. Þingvallavatn og Esjan takmarka svæðið til norðurs. Á útjöðrum svæðisins voru notuð eldri gögn, en nær virkjanasvæðinu þurfti að afla upplýsinga með borun nýrra rannsóknarhola. Jarðboranir hf. önnuðust borverkið, og frá því í maí 2001 hafa verið boraðar 23 holur.



Mynd 1: Grunnvatnsstraumar á rannsóknarsvæðinu

Fjórar fyrstu holurnar voru nýttar til að afla skolvatns fyrir djúpboranir og þær tvær síðustu voru boraðar sem dæluholur á vænlegu vatnsöflunarsvæði. Allar holurnar nýtast sem vatnsborðsholur.

Rannsóknasvið Orkustofnunar hefur annast ráðgjöf við verkefnið, svo sem staðsetningu og hönnun á borholum, ákvörðun á þeim eðlisþáttum sem þarf til líkanreikninga o. s. frv. en Verkfræðistofan Vatnaskil hefur annast úrvinnslu á grunnvatnsgögnum. Áður höfðu sömu aðilar unnið reiknilíkan af vatnafari á höfuðborgarsvæðinu, bæði vegna neysluvatnsöflunar og vegna vinnslu á lághitasvæðunum og einnig gert líkan af grunnvatnsstreymi á vatnasviði Þingvallavatns, þar með talið Nesjavallasvæðið. Reiknilíkanið byggir á veðurfarsmælingum (úrkoma, hitamælingar, snjósöfnun, uppgufun), rennismælingum í ám og lækjum, vatnsborðsmælingum í borholum og jarðfræðilegum þáttum (berggerðir, sprungur, poruhluti, vatnsleiðni, jarðhitamyndun), og ná margar af þessum mælingum yfir meira en 30 ára tímabil. Öll þessi hermílikön hafa nú verið sameinuð og aukin og liggur nú fyrir vitneskja um grunnvatnsstrauma á rannsóknarsvæðinu. Megineinkennin eru að fjalla-keðjan Hengill - Stóra Reykjafell – Stórimeitill - Litlmeitill skipta svæðinu frá suðvestri til norðausturs, enda eru bergmyndanir í þessum fjöllum þéttar vegna jarðhitamyndunar (mynd 1). Á austurhluta svæðisins, þ.e. á Helligsheiðinni falla vötn til suðausturs niður í Ölfus. Vatnafar er flóknara á vestursvæðinu, en einkennist af „grunnvatnshásléttu“ vestan við Hengilinn og nær hún norður á Mosfellsheiði, vestur að Sandskeiði og suður í Þrengsli. Þar er vatnsborð í um 172 m hæð yfir sjávarmáli og skeikar varla metra til eða frá á um 15 km<sup>2</sup> svæði. Þaðan falla grunnvatnsstraumar til vesturs á vatnasvið Elliðaár, til norðausturs til Þingvallavatns og síðan fellur straumur grunnvatns í suðvestur undir fjöllin austan við Bláfjöll og nær til sjávar austan Selvogs. Reiknilíkanið gaf til kynna, að „hásléttan“ væri vænleg til vatnsöflunar og var það staðfest með borun og dælu-prófun tveggja hola við Engidalskvísl, um 1 km vestan við Húsmúla í vestanverðum Hengli (mynd 2), á vatnaskilum Þingvallastraumsins og Selvogs-



Mynd 2. Dæling, losun og dreifing efna (hringir: mælingaholur; ferningar: dæluholur; þríhyrningar: niðurrennsli; grænn flötur: arsenstyrkur 10-15 ppb í efstu 100 m)

straumsins. Holurnar eru 153 og 203 m djúpar og nær sú dýpri niður í opið, mjög vatnsgæft bólstraberg. Úr holunum var dælt um 100 l/s og var niðurdráttur afar lítill. Niðurstöður benda til að þarna megi hæglega afla þeirra 2000 l/s sem leitað var eftir. Efnagreiningar sýna að vatnið er gott neysluvatn.

Prófanir á háhitaholum á Helligsheiði og nágrenni hafa verið í gangi síðan í apríl 2002. Við virkjun háhita fellur til tvönnar konar vatnsgerðir, annars vegar þétt jarðhitagufa (svokallað þéttivatn) og hins vegar vatnið sem skilið hefur verið frá jarðhita-

	Skiljuvatn	Neysluvatns-mörk
Kísill, SiO <sub>2</sub>	570	Engin
Natrium, Na <sup>+</sup>	184	200
Kalium, K <sup>+</sup>	27	Engin
Kalsium, Ca <sup>+2</sup>	0,75	Engin
Magnesium, Mg <sup>+2</sup>	0,004	Engin
Súlfat, SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	158	250
Klóríð, Cl <sup>-</sup>	203	250
Flúoríð, F <sup>-</sup>	1,2	1,5
Al, Al <sup>+3</sup>	1,6	0,2
Járn, Fe	0,02	0,2
Karbónat, CO <sub>2</sub>	79	Engin
Sýrustig, pH	9,1	6,5 - 9,5

Tafla 1: Styrkur aðalefna í skiljuvatni (mg/kg). Efni yfir mörkum í bláum lit.

borunum að öllu jöfnu. Um slíka losun er fjallað í grein 12 í ofangreindri reglugerð, en þar segir að „í starfsleyfi skal setja losunarmörk um leyfilegan hámarksstyrk mengandi efna í fráveituvatni og/eða leyfilegt hámarks magn yfir tilgreind tímabil eða á framleiðslueiningu.“ Í viðauka er arsen meðal þeirra efna sem falla undir 12. grein.

Samanburður við leyfilegan hámarksstyrk í neysluvatni, samkvæmt reglugerð nr. 536/2001, sýnir að engin efni í þéttivatni eru yfir leyfilegum hámarksstyrk, en styrkur þriggja efna í skiljuvatninu liggur yfir mörkunum. Þessi efni eru sýnd í töflum 1 og 2 í bláum lit ásamt með leyfilegu hámarki samkvæmt drykkjarvatnsstöðlum. Þegar skiljuvatnið blandast köldu grunnvatni við losun í borholum hverfa áhrif þess vegna þynningar. Af efnunum þremur þarf arsen mesta þynningu til að ná drykkjarvatnsgæðum, en styrkur þess mælist á bilinu 29 – 122 µg/l eins og fyrir segir, og vegið meðaltalið er 90 µg/l. Drykkjarvatnsstaðlar segja að styrkurinn skuli vera lægri en 10 µg/l. Ef skiljuvatnið blandast grunnvatni þannig að skiljuvatnið er 10% af blöndunni þá er styrkur arsen komið niður fyrir leyfileg efri mörk, og slíkt vatn uppfyllir drykkjarvatnsstaðla.

Leitað var eftir heppilegum stað til að losa skiljuvatn í grunnvatnið þannig að áhrifa þess gætti ekki í vatnsbólum væntanlegrar Helligheidarvirkjunar né öðrum vatnsbólum á vatnasvæðunum. Niðurstöður úr reiknilíkani benda til þess að heppi-legast sé að losa skiljuvatnið í Selvogsstrauminn, nærri Þrengslaveginum við Lambafell (mynd 2). Mest þynning næst með því að losa vatnið djúpt í grunnvatnið, um 150 m neðan sjávarmáls.

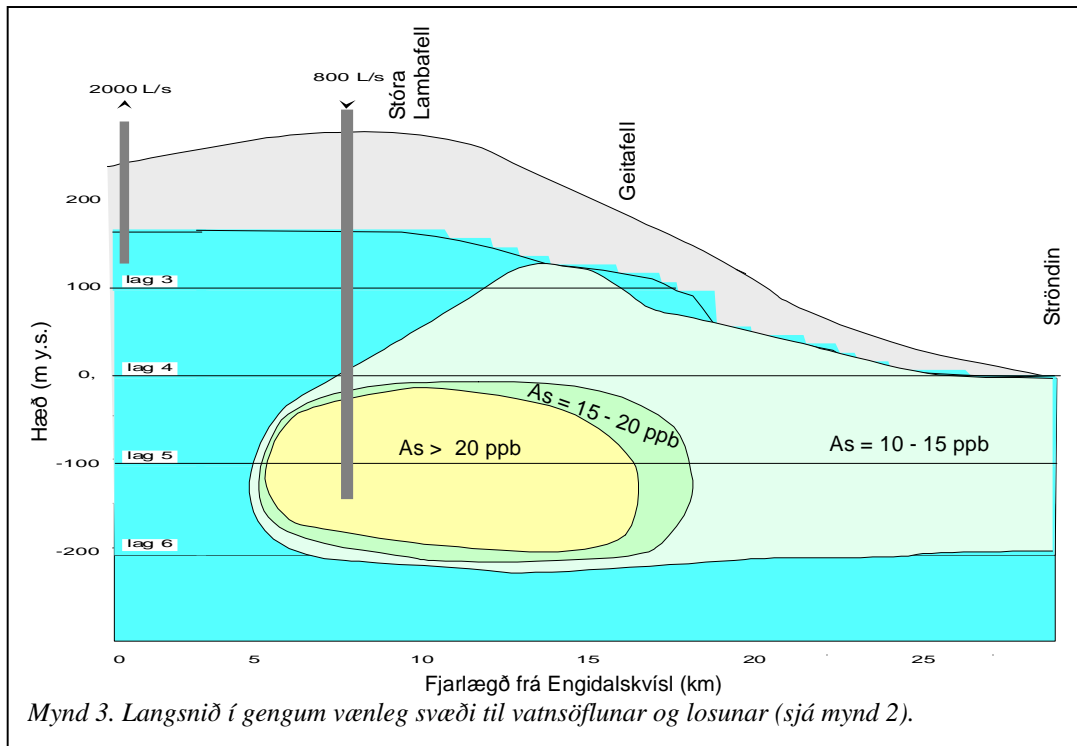
Í reiknilíkaninu var hermt eftir 800 l/s niðurrennsli á 400 m dýpi nærri námunum í Lambafelli ásamt 2000 l/s dælingu við Engjadalskvísl og 200 l/s dælingu við vatnsból nærri Þorlákshöfn (mynd 2). Skiljuvatnið blandast í grunnvatnið á leið þess til sjávar vestanvert við Þrengslavegin. Reiknilíkanið gerir ráð fyrir láréttum lögum, hvert um 100 m þykkt. Þá gerir líkanið ráð fyrir að ekkert rennandi grunnvatn fari neðar en 200 m undir sjávarmáli. Skiljuvatninu er losað efst í lag 6 á um 400 m dýpi frá holutoppi og um 150 m neðan sjávarmáls. Mest af skiljuvatninu rennur fram í lögum 5 og 6 og blandast fljótlega við grunnvatnið í þeim mæli að öll efni nema arsen eru undir

gufunni (svokallað skiljuvatn). Greining á efnasamsetningu skiljuvatns og þéttivatns liggur fyrir, og er styrkur meginefna í skiljuvatni sýndur í töflur 1 og snefilefna í töflu 2. Í reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns er fjallað um yfirborðsvatn til verndunar lífríkis, og eru þar tilgreind umhverfismörk fyrir nokkur snefilefni. Við samanburð kemur í ljós að arsenstyrkur í skiljuvatni, sem er á bilinu 29 – 122 µg/l, fellur ýmist í flokk IV: Áfrifa að vænta (15 – 75 µg/l) eða flokk V: Ávallt ófullnægjandi (>75 µg/l). Af þessu er ljóst að losun skiljuvatns á yfirborð er ekki viðunandi og því leitað leiða til að losa skiljuvatn í dýpri grunnvatnslög, þar sem þynning við grunnvatn er mikil og hröð, og vel neðan við það dýpi þar sem neysluvatns er aflað með

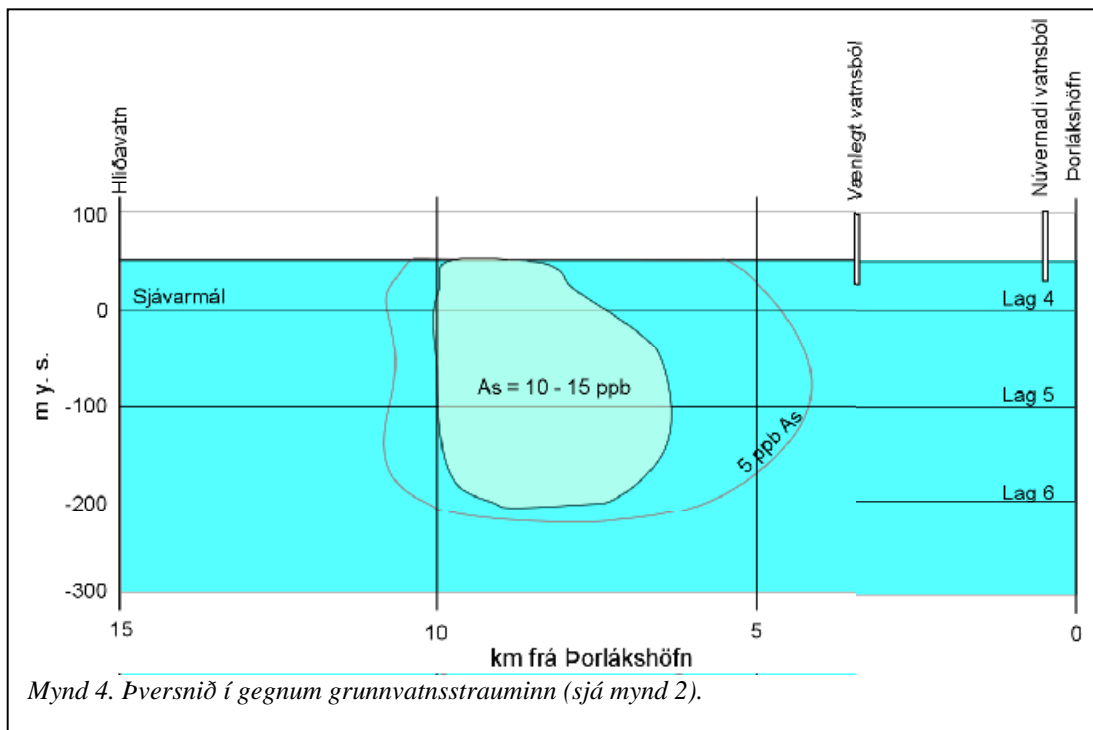
Efni	Skiljuvatn	Neysluvatns-mörk
Arsen, As	90	10
Bór, B	1.039	1.000
Baríum, Ba	0,78	700
Kadmín, Cd	0,17	3
Króm, Cr	0,08	50
Kopar, Cu	2,06	1.000
Kvikasilfur, Hg	0,02	1
Nikkel, Ni	0,30	20
Fosfór, P	4,15	5.000
Blý, Pb	3,54	10
Sínk, Zn	9,67	3.000

Tafla 2: Styrkur snefilefna í skiljuvatni (µg/kg). Efni yfir mörkum í bláum lit.





leyfilegu hámarki. Um 10 km frá suðurströndinni er arsen-styrkur þó hvergi hærra en 15 µg/kg, og styrkurinn í efstu 100 m grunnvatns reiknast mest rétt um eða yfir leyfilegan hámarksstyrk í neysluvatni (mynd 2). Mynd 3 sýnir þversnið frá dæluholunni við Engidalskvísl, um Þrengslin og til sjávar milli Selvogs og Þorlákshafnar. Samkvæmt reiknilíkaninu blandast skiljuvatnið á tiltölulega þröngu svæði og aldrei koma fram nein áhrif frá skiljuvatninu við vænlegan vatnstökustað vestan núverandi



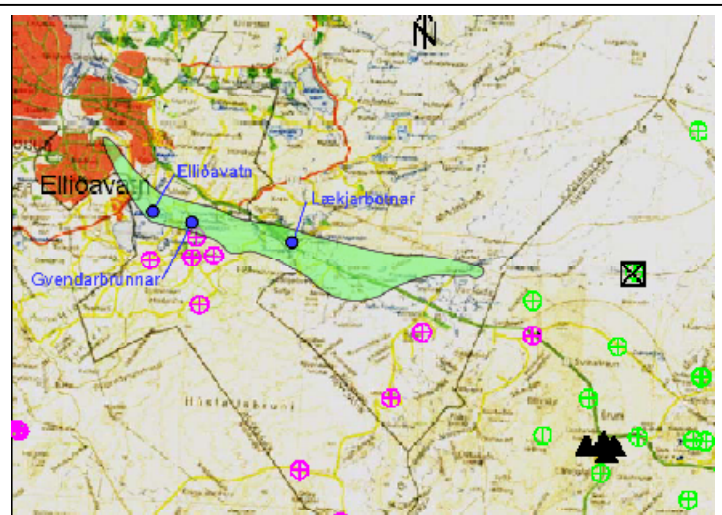


vatnsbólís Þorlákshafnar (mynd 4). Mynd 4 sýnir einnig hvernig reiknilíkanið spáir að vatnið ferðist á tiltölulega afmörkuðu svæði til sjávar, og í reynd er óvíst hvort það verði nokkurn tíman greinanlegt þar.

Niðurstöður á myndum 2 – 4 sýna reiknað ástand eftir stöðuga dælingu og niðurrennsli í 30 ár. Allnokkurn tíma tekur að ná jafnvægisástandi og þeim mun lengri eftir því sem fjær dregur losunarstaðnum. Það tekur til dæmis 25 ár að ná endanlegum hámarksstyrk við suðurströndina (10 - 12 µg/kg). Þær forsendur sem líkanreikningarnir byggja á valda því að skiljuvatnið virðist renna í frekar þröngri rás til suð-suðvesturs frá losunarstaðnum, víðast hvar ekki nema 3 km á breidd (mynd 4). Ef þessi straumur er breiðari í reynd þá blandast skiljuvatnið í margfalt meira rúmmál af grunnvatni og þá hverfa áhrifin af niðurrennsli mun fyrr en hér er sýnt. Í reikningunum er eingöngu gert ráð fyrir blöndun en ekki reiknað með efnahvörfum við berg eða útfellingum, en það hjálpar enn frekar til að milda áhrif niðurrennslisins.

Í reiknilíkaninu voru prófaðir nokkrir valkostir, og reyndist sá valkostur sem kynntur er hér að ofan gefa hraðasta og skilvirkasta blöndun skiljuvatns við grunnvatn. Einn af valkostunum sem athugaður var til vatnsöflunar/vatnslosunar var að velja vatnsöfluninni stað í Þrengslum og að losa skiljuvatn djúpt í grunnvatnið við Engidalskvísl, þ.e. að hafa endaskipti á þeim valkosti sem álitlegastur þykir. Borstaðurinn við Engidalskvísl er um 5 km í norð-norð-vestur frá Kolviðarhól, en þó svo að farið sé þetta langt norður á Mosfellsheiðina, þá er ekki náð norður fyrir grunnvatnshásléttuna. Þetta veldur því að vatnaskilin milli Þingvallastraumsins og Selvogsstraumsins eru að sveiflast norður og suður um Engidalskvísl, og skiljuvatnið berst því inn á grunnvatnshásléttuna, og dreifist þar í alla grunnvatnsstraumana þrjá. Taktími skiljuvatnsins í grunnvatnskerfinu verður að sama skapi langur, meira en 25 ár áður en jafnvægi er náð, og með tíð og tíma verður áhrifasvæði skiljuvatnsblöndunar mjög víðfemt í Svínahrauni og Mosfellsheiði. Til að koma í veg fyrir „bakflæði“ inn í grunnvatnshásléttuna þyrfti að fara nokkrum kílómetrum norðar á heiðina, en slík dæling yrði ekki hagkvæm, auk þess sem að lítið blandaður grunnvatnsstaumur næði Þingvallavatni.

Selvogsstaumurinn hefur þá sérstöðu að hann streymir allur fram neðanjarðar, þ.e. að á vatnasviði hans eru engar uppsprettur eða stöðuvötn, og því gilda þar ekki varnir gegn mengun yfirborðsvatns til verndunar lífríkis, auk þess sem enginn vatnsból þéttbýliskjarna nýtir vatn úr honum. Öðru máli gegnir um Elliðavatnsstrauminn og Þingvallastrauminn. Í þeim fyrrnefnda eru uppsprettur við Lækjarbotna og Gvendarbrunnna, og fellur vatn frá þeim í Elliðavatn og þaðan um Elliðaár til sjávar. Þá fellur Elliðavatnsstraumurinn um vatnsverndarsvæði höfuðborgarsvæðisins. Þá fellur Þingvallastraumurinn í viðkvæmt lífríki Þingvallavatn. Á mynd 5 eru sýndir niðurstöður reikninga þar sem niðurrennsli skiljuvatns við Engidalskvísl er 800 l/s, og dælt er upp 2000 l/s í Þrengslum. Við þessar aðstæður dreifist skiljuvatnið í alla grunnvatnsstraumana, og fellur reiknaður styrkur arsen í



Mynd 5: Elliðavatnsstraumurinn. Græni flöturinn sýnir styrk arsen 5 – 15 ppb í efstu 100 m grunnvatns

efstu 100 m í Elliðavatnsstraumnum í flokk III: Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki (5 – 15 µg/l) samkvæmt reglugerð nr. 796/1999 um varnir gegn mengun vatns þar sem fjallað er um yfirborðsvatn til verndunar lífríkis. Þetta vatn kæmi fram í uppsprettum sem falla í Náttahag tjörn við Lækjarbotna, í Gvendarbrunnum og Elliðaárvatni.

Reiknað er með að til þess að dæla 2000 l/s þurfi að bora allmargar holur á vatnstökusvæðinu, og er reiknað með 2,6 km<sup>2</sup> brunnsvæði. Þrengslasvæðið er óheppilegt sem brunnsvæði þar sem að þjóðvegir liggja um svæðið og vegna landþrensla yrði að velja dæluholum stað meðfram eða nærrri umferðaræðunum. Þessum valkosti var því hafnað, og eru meginforsendur þessar:

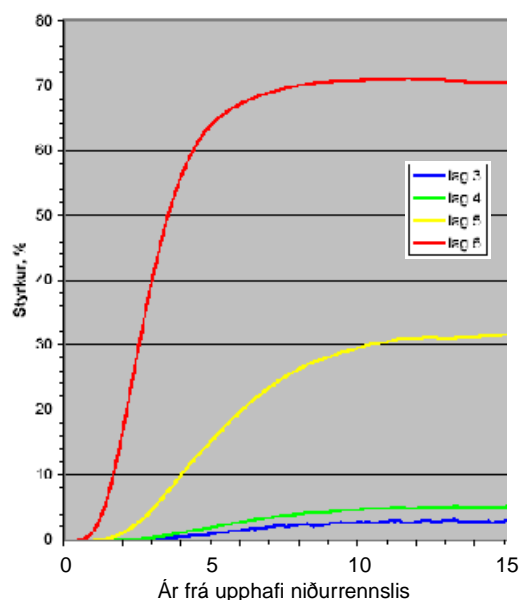
- Langur taftími og mikil útbreiðsla skiljuvatns í grunnvatni
- Hætta á megnun yfirborðsvatn í Elliðavatnsstraumi
- Þjóðbrautir liggja um brunnsvæði í Þrengslum

Aðrir valkostir þar sem skiljuvatnið lendir inn á vatnasviði grunnvatnshásléttunnar bregðast svipað við og lýst er hér að ofan. Taftími er mjög langur og skiljuvatnið safnast upp og dreifist síðan á alla grunnvatnsstrauma. Þingvallastraumurinn og Elliðavatnsstraumurinn eru viðkvæmir þar sem þeir fæða uppsprettur og stöðuvötn. Selvogsstraumurinn virðist best fallinn til að taka við skiljuvatni, bæði er þar mikið vatnsmagn á ferð, þannig að þynning verður mikil, og eins skilar hann vatninu fljótast til sjávar. Hann fæðir engar uppsprettur, og engin vatnsból eru á leið hans til sjávar.

Á rekstrartíma er hugsanlegt að truflun geti orðið á niðurrenslismannvirkjum (lögnum og/eða borholum), og þá þarf að vera til staðar tímabundin neyðarlosun á skiljuvatni. Er þá ætlunin að losa skiljuvatnið um svelgholur framanundir stöðvarhúsinu, í hraunið norð-austan við Litla Reykjafell. Til þess að kanna hvaða áhrif slík losun hefur á grunnvatnskerfið, þá var prófað að losa 400 l/s af skiljuvatni um þriggja mánaða skeið, en að því loknu að halda áfram losun við Lambafell. Þrjú mánuðir er talinn hæfilegur tími til að koma niðurrenslisveitunni í lag aftur. Gert er ráð fyrir að svelgholurnar dugi til að koma í veg fyrir að „blátt lón“ myndist í hrauninu, en holurnar eru ekki dýpri en svo að skiljuvatnið blandast í efsta grunnvatnslag (lag 3). Niðurstöður reiknilíkansins benda til að þessi losun hafi engin áhrif á grunnvatnskerfið. Skiljuvatnið blandast í mikið rúmmál af köldu grunnvatni, þannig að styrkur arsen er aldrei yfir leyfilegu hámarki í drykkjarvatni nema í allra næsta nágrenni við svelgholurnar (innan við 200 m radíus).

## Eftirlit

Líkanreikningarnir byggja á bestu fánlegu upplýsingum sem fyrir liggja, og stöðugt er verið að safna nýjum upplýsingum og fínstilla þannig líkanið. Sérstaklega er unnið að því að þetta og auka mælingar inni á áhrifasvæði fyrirhugaðra virkjanaframkvæmda. Vatnsborð er mælt á u.þ.b. mánaðar fresti í öllum borholum, og innan skamms verður búið að koma á fót símælingum í völdum borholum á svæðinu. Þá eru þrjár sjálfvirkar veðurathugunarstöðvar reknar á svæðinu. Lagt er til að ef niðurrenslissholur verða boraðar við austanvert Lambafellið verði jafnframt boruð eftirlitshola inn í miðjum blandstraumnum frá



Mynd 6: Reiknaður hlutur skiljuvatns í eftirlitsholu við Lambafell

losunarstaðnum. Hentugur staður fyrir slíka holu gæti verið milli hrauns og hlíðar sunnan við Lambafell, sem er um 1,5 km frá fyrirhuguðum losunarstað við Lambafellshnúk. Eftirlitshola þyrfti að vera viðlíka djúp og losunarholan, og yrði notuð til þess að taka sýni af grunnvatni af mismunandi dýpi. Með efnagreiningum á vatninu er hægt að bera saman raunverulega blöndun og rennslisraða við líkanreikningana, og staðla þannig líkanið og leiðrétta það ef með þarf. Á mynd 6 er sýnt hvernig líkanið spáir fyrir um styrk skiljuvatns í eftirlitsholunni með tíma. Reiknað er með að við Lambafellshnúk verði losað fyrstu árin í rekstri virkjunar um 400 l/s af skiljuvatni. Reikningarnir benda til að skiljuvatn taki að berast í mælanlegum styrk í eftirlitsholuna eftir 1,5 ár dýpst í holuna (lag 6), en seinna í efri grunnvatnslög. Það tekur því ekki nema innan við 18 mánuði eftir að niðurrennsli hefst að staðreyna líkanreikningana, og grípa til viðeigandi ráðstafana ef hegðun grunnvatns vikir verulega frá því sem spáð er. Það má minna á að það líður áratugur þar til grunnvatnið nær að berast til strandar.

**Grímur Björnsson  
Arnar Hjartarson**

**Reiknilíkan af jarðhitakerfum í Hengli  
og spár um framtíðarástand við allt að  
120 MW rafmagnsframleiðslu á Hellisheiði  
og 120 MW á Nesjavöllum**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**ÍSOR-2003/009**

**Október 2003**

ISBN 9979-68-130-6

ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

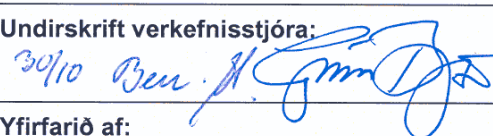
Reykjavík: Orkugarður, Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1699

Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Ak. – Sími: 460 1380 – Fax: 460 1381

Netfang: [isor@isor.is](mailto:isor@isor.is) – Veffang: <http://www.isor.is>





<b>Skýrsla nr.:</b> ÍSOR-2003/009	<b>Dags.:</b> Október 2003	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> Reiknilíkan af jarðhitakerfum í Hengli og spár um framtíðarástand við allt að 120 MW rafmagnsframleiðslu á Hellisheiði og 120 MW á Nesjavöllum		<b>Upplag:</b> 50
<b>Höfundar:</b> Grímur Björnsson Arnar Hjartarson		<b>Fiöldi síðna:</b> 150
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Gerð reiknilíkans af jarðhitakerfum, spár		<b>Verknúmer:</b> 8-630022
<b>Unnið fyrir:</b> Orkuveitu Reykjavíkur		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Lýst er gerð reiknilíkans af Hengilssvæðinu og hvernig nota megi líkanið til að meta viðbrögð jarðhitakerfanna á Nesjavöllum og á Hellisheiði við aukinni vinnslu í framtíðinni. Lýst er niðurstöðum borana á Hellisheiði, fjallað um eldri útgáfur reiknilíkana af Nesjavöllum, gerð grein fyrir núverandi líkani og síðan settar fram spár um frammistöðu svæðanna tveggja næstu 30 árin. Reiknilíkanið samanstendur af 8 lögum sem þekja 100x100 km flöt umhverfis Hengil, og er gert úr 5100 kubbum. Hermun þess er gerð með sjálfleitandi iTOUGH2 forritinu. Skv. líkaninu, sem hermir nær öll gögn sem aflað hefur verið um flæði orku og massa á svæðinu allt frá árinu 1975, er lekt mest í miðju sprungustykki Hengilsins en minnkar síðan til hliðanna. Djúp þrýstlægð fylgir uppstreyminu undir Hengli. Poruhluti líkansins er á bilinu 3-10%. Almennt hefur tekist vel að samræma mældar og reiknaðar stærðir í Hengli, eiginleikar Nesjavalla eru vel skorðaðir en meiri óvissa er um líkankvörðun á Hellisheiði. Núverandi líkan staðfestir fyrri spár um afköst Nesjavalla við 120 MW rafmagnsframleiðslu. Reiknilíkanið er talið nægjanlega öruggt til að spá því að lítil fjárhagsleg áhætta fylgi 40 MW raforkuveri á Hellisheiði. Varmanáman á Hellisheiði telst mjög stór þ.a. tæknilega getur hún staðið undir mun stærri virkjun en 40 MW en óvissa ríkir um holufjölda. Þrýstingur og massaforði líkansins endurnýjar sig á u.þ.b. mannsaldri eftir að vinnsla stöðvast meðan varmaforði þess endurnýjast á 300-400 árum. Er fyrirhuguð framkvæmd því talin að fullu afturkræf í þessu tilliti.		
<b>Lykilorð:</b> Jarðhitakerfi, reiknilíkan, kvörðun, borholur, hiti, þrýstingur, vinnsla, iTOUGH2, hermireikningar, afturkræfni, sjálfbærni, Hengill, Hellisheiði, Nesjavellir		<b>ISBN-númer:</b> 9979-68-130-6
		<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 
		<b>Yfirfarið af:</b> BS, KS, PI



## EFNISYFIRLIT

1.	INNGANGUR.....	12
2.	HUGMYNDALÍKAN JARÐHITANS Í HENGLI.....	14
2.1.	Hita- og þrýstidreifing.....	14
2.2.	Upphleðslusagan á Hellisheiði.....	26
2.3.	Bitrusprungan.....	27
2.4.	Djúp og grunn varmahræring í Hengli.....	27
3.	SAGA HERMIREIKNINGA Á NESJAVÖLLUM.....	29
4.	LÝSING NÝJA HENGILSLÍKANSINS.....	30
4.1.	Fyrri verkáfangar.....	30
4.2.	Kubbaskipting nýja líkansins.....	32
4.3.	Lagskipting reiknilíkansins.....	34
4.4.	Randskilyrði.....	34
4.5.	Lýsing borholna í reikniverki TOUGH2.....	36
4.6.	Hlutlektir vatns og gufu.....	37
5.	KVÖRÐUN REIKNILÍKANSINS.....	37
5.1.	Vinnulag.....	37
5.2.	Bergeiginleikar.....	39
5.3.	Inn- og útstreymi.....	43
6.	SAMRÆMI VIÐ UPPHAFSÁSTAND OG VINNSLUSÖGU.....	44
6.1.	Forvinnsla mæligagna.....	44
6.2.	Samræmi upphafshita og þrýstings.....	45
6.3.	Dreifing upphafshita og þrýstings í reiknilíkaninu.....	46
6.4.	Reiknað upphafsrummál gufu.....	47
6.5.	Samræmi mældrar og reiknaðrar vinnslusögu.....	48
6.6.	Samræmi mælds og reiknaðs þrýstiniðurdráttar.....	49
7.	SPÁR UM FRAMTÍÐARVIÐBRÖGÐ NESJAVALLA.....	51
8.	SPÁR UM FRAMTÍÐARVIÐBRÖGÐ HELLISHEIÐAR.....	56
8.1.	Spátilvik.....	56
8.2.	Staðalholan.....	57
8.3.	Staðsetning nýrra holna.....	58
8.4.	Heildarvinnsla og holufjöldi á Hellisheiði.....	60
8.5.	Spár um meðalvermi.....	61



8.6.	Spár um rennsli háþrýstigufu .....	62
8.7.	Spár um rennsli skiljuvatns .....	63
8.8.	Frammistaða einstakra holna á Hellsheiði .....	64
9.	SPÁR UM SAMGANG NESJAVALLA OG HELLISHEIÐAR .....	66
10.	ÞRÝSTISAMGANGUR MILLI SVÆÐA.....	67
11.	ENDURNÝJANLEIKI, SJÁLFBÆRNI OG AFTURKRÆFNI.....	71
11.1.	Skilgreiningar vinnuhóps Orkustofnunar .....	72
11.2.	Hógvær og ágeng vinnsla .....	73
11.3.	Sjónarhorn skýrsluhöfunda.....	74
12.	AFTURKRÆFNI VÖKVA- OG ORKUFORÐA Í HENGLI.....	74
12.1.	Endurnýjun þrýstings .....	75
12.2.	Endurnýjun holuhita .....	75
12.3.	Endurnýjun gufuforða .....	76
12.4.	Endurnýjun vökvaforðans .....	76
12.5.	Endurnýjun orkuforðans.....	77
12.6.	Massaflæði um jaðra .....	79
12.7.	Ástand jarðhitasvæða árið 2036 .....	81
13.	SAMANTEKT OG NIÐURSTÖÐUR.....	82
14.	HEIMILDIR.....	86
	Viðauki A: Lýsing bergeiginleika .....	89
	Viðauki B. Bergeiginleikar í ysta hluta líkansins.....	91
	Viðauki C: Bergeiginleikar umhverfis Hengil .....	100
	Viðauki D: Bergeiginleikar á Nesjavöllum .....	107
	Viðauki E: Bergeiginleikar á Hellsheiði .....	114
	Viðauki F: Samræmi mælds og reiknaðs upphafshita og þrýstings í borholum... 121	
	Viðauki G: Hita og þrýstidreifing í láréttum flötum.....	129
	Viðauki H: Reiknað upphafsrummál gufu (%) .....	136
	Viðauki I: Samræmi mældrar og reiknaðrar vinnslusögu .....	140
	Viðauki J: Samræmi mælds og reiknaðs niðurdráttar .....	147

## TÖFLUR

Tafla 1: Kvörðun og gildi líkaneiginleika, fengin með iTOUGH2. ....	41
Tafla 2: Upplýsingar um gagnasett og tímaskilgreiningar í iTOUGH. ....	44
Tafla 3: Yfirlit um vinnsluspár á Nesjavöllum.....	52
Tafla 4: Yfirlit um vinnsluspár á Hellisheiði. ....	57
Tafla 5: Skilgreining æða í staðalholunni á Hellisheiði. Dæmið er hola HLn14 sem vinnur úr líkanbút #v104 þar sem # vísar til lags (M,G,L eða R). ....	58

## MYNDIR

Mynd 1: Yfirlitskort af Hengils svæðinu og helstu jarðhitakerfum. Jarðhitastaðir eru sýndir með rauðum doppum. ....	13
Mynd 2: Borholur og einfölduð jarðfræði á Hellisheiði. ....	15
Mynd 3: Hita- og þrýstidreifing í NNA-SSV sniði á Hellisheiði. Æðar eru sýndar með örvum og teiknast þær því stærri sem æðin er talin betri. ....	16
Mynd 4: Hiti- og þrýstingur á Hellisheiði, milli austurs og vesturs. ....	17
Mynd 5: Hita- og þrýstidreifing í NA-SV sniði á Hellisheiði. ....	18
Mynd 6: Lega hita- og þrýstisniða milli Hellisheiðar, Hveragerðis og Nesjavalla. ....	19
Mynd 7: Hiti og þrýstingur í sniði milli Hellisheiðar og Hveragerðis. ....	20
Mynd 8: Hiti og þrýstingur í sniði um Nesjavelli, Ölkelduháls og Hveragerði. ....	21
Mynd 9: Hita- og þrýstidreifing við sjávarmáli. ....	22
Mynd 10: Hiti og þrýstingur á 400 m dýpi undir sjávarmáli. ....	23
Mynd 11: Hiti og þrýstingur á 850 m dýpi undir sjávarmáli. Appelsínugulu svæði og örvum er ætlað að sýna hvar vökvi drenast til suðurs út úr Hellisheiðinni. ....	24
Mynd 12: Hiti og þrýstingur á 1250 m dýpi undir sjávarmáli. ....	25
Mynd 13: Hugmynd að aldri jarðlaga á Hellisheiði, í sniði hornrétt á gosbeltið. Svæði með grárri skyggingu kann að vera berg sem hlóðst upp áður en Hengilseldstöðin myndaðist. ....	26
Mynd 14: Viðnámsdreifing og helstu skjálftalínur í Hengli. Ör bendir á Bitrusprunguna (úr Knútur Árnason og Ingvar Þ. Magnússon, 2001). ....	27
Mynd 15: Hugmyndalíkan að jarðhitenum í Hengli. Lárétt brotalína á 2-3 km dýpi er hugsuð sem skil dýpri og grynri hluta jarðhitahringrásarinnar. ....	28
Mynd 16: Útlit kubbalíkansins af Hengli. Möskvarnir á myndinni svara til kubbaskiptingarinnar en rauðar doppur eru borholur. Vötn eru í ljósbláu. ....	32
Mynd 17: Kubbaskipting í innri hluta Hengilslíkansins. Vegir eru í grænu, borholur í bláu, ungar gossprungur í gulu og jarðhiti á yfirborði í rauðu. ....	33
Mynd 18: Lagskipting Hengilslíkansins. ....	34

Mynd 19: Ýmis jaðarskilyrði í Hengilslíkani. Tölur með hitastigli ( $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ) vísa til “prímusa” sem dæla varma með leiðni inn í botnlag líkansins. ....	36
Mynd 20: Samræmi reiknaðra (heilar línur) og umbeðinna (slitnar línur) gilda í vinnslusögu Nesjavalla, samkvæmt núverandi líkani. Skilið er við 10 bör-a. ....	51
Mynd 21: Mæld og reiknuð gufuvinnsla á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í þurra líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a. ....	52
Mynd 22: Mæld og reiknuð gufuvinnsla á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í blauta líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a. ....	53
Mynd 23: Mæld og reiknuð heildarvinnsla á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í þurra líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a. ....	53
Mynd 24: Mæld og reiknuð heildarvinnsla á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í blauta líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a. ....	54
Mynd 25: Mælt og reiknað meðalvermi á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í þurra líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a. ....	54
Mynd 26: Mælt og reiknað meðalvermi á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í blauta líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a. ....	55
Mynd 27: Mælt og reiknað rennsli skiljuvatns á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í þurra líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a. ....	55
Mynd 28: Mæld og reiknuð rennsli skiljuvatns á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í blauta líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a. ....	56
Mynd 29: Staðsetning nýrra holna á Hellisheiði. Rautt er ný vinnsluhola, blátt niðurdælingarhola og grænt er eftirlitshola. ....	59
Mynd 30: Reiknuð heildarafköst Hellisheiðar við mismikla vinnslu og ýmist með (heilar línur) eða án (slitnar línur) niðurdælingar. ....	60
Mynd 31: Áætlaður fjöldi blásandi holna á Hellisheiði og er þá ýmist miðað við spár með (heilar línur) eða án (slitnar línur) niðurdælingar. ....	61
Mynd 32: Reiknað meðalvermi á Hellisheiði við mismikla vinnslu og ýmist með (heilar línur) eða án (slitnar línur) niðurdælingar. ....	62
Mynd 33: Reiknað rennsli háþrýstigufu á Hellisheiði við mismikla vinnslu og ýmist með (heilar) eða án (slitnar línur) niðurdælingar. Skilið er við 10 bör-a. ....	63
Mynd 34: Reiknað rennsli skiljuvatns á Hellisheiði við mismikla vinnslu og ýmist með (heilar) eða án (slitnar línur) niðurdælingar. Skilið er við 10 bör-a. ....	64
Mynd 35: Vinnslusaga allra holna á Hellisheiði í 40 MW spánni. ....	65
Mynd 36: Vinnslusaga allra holna á Hellisheiði í 80 MW spánni. ....	65
Mynd 37: Vinnslusaga allra holna á Hellisheiði í 120 MW spánni. ....	66
Mynd 38: Flæði háþrýstigufu á Nesjavöllum við mismikla vinnslu á Hellisheiði. ....	67
Mynd 39: Reiknaður niðurdráttur vestast í Hellisheiði (Kolviðarhóll). ....	68
Mynd 40: Reiknaður niðurdráttur á miðri á Hellisheiði (NNV holu HE-7). ....	68
Mynd 41: Reiknaður niðurdráttur austan við skilvegginn á Hellisheiði. ....	69

Mynd 42: <i>Reiknaður niðurdráttur innan Nesjavalla.</i> .....	69
Mynd 43: <i>Reiknaður niðurdráttur á Ölkelduhálsi (hola ÖJ-1).</i> .....	70
Mynd 44: <i>Reiknaður niðurdráttur í Ölfusdal, norðan Hveragerðis.</i> .....	71
Mynd 45: <i>Skýring hugtaksins sjálfbær vinnsla jarðhita (Guðni Axelsson o.fl., 2001a).</i> .....	72
Mynd 46: <i>Möguleg lífsskeið ágenngar jarðhitavirkjunar (úr Lovekin, 2002). Þýðingar eru höfunda, en skilgreiningum Lovekin er haldið ofan til í myndinni.</i> .....	74
Mynd 47: <i>Þrýstijöfnun holna í Hengilslíkani, ef öll vinnsla stöðvast árið 2036. He-V stendur fyrir holu vestan Hellisheiðar (KhG-1), He-M fyrir holu á miðri Hellisheiði, He-A fyrir holu í austurhluta Hellisheiðar, Hver fyrir Hveragerði, Ölk fyrir Ölkelduháls og loks Nesv fyrir Nesjavelli.</i> .....	75
Mynd 48: <i>Hitajöfnun holna í Hengilslíkani, ef öll vinnsla stöðvast árið 2036. He-V stendur fyrir holu vestan Hellisheiðar (KhG-1), He-M fyrir holu á miðri Hellisheiði, He-A fyrir holu í austurhluta Hellisheiðar, Hver fyrir Hveragerði, Ölk fyrir Ölkelduháls og loks Nesv fyrir Nesjavelli.</i> .....	76
Mynd 49: <i>Reiknuð breyting í þyngd gufu í Hengilslíkani, miðað við árið 1975.</i> .....	77
Mynd 50: <i>Reiknuð breyting í vökvapþyngd Hengilslíkans, miðað við árið 1975.</i> .....	77
Mynd 51: <i>Reiknuð breyting í orkuforða vökvans í Hengilslíkani, miðað við 1975.</i> .....	78
Mynd 52: <i>Létting Hengilslíkans (□) með tímanum, uppsöfnuð nettó vinnsla (■) (niðurdæling fráðregin) og bruttó vinnsla úr borholum (Δ).</i> .....	80
Mynd 53: <i>Nettó vinnsla úr borholum (■) og út úr forða Hengilslíkansins (□).</i> .....	81
Mynd 54: <i>Bergeiginleikar reiknilíkansins af Hengli</i> .....	90
Mynd 55: <i>Lag Y er efsta lag líkansins með miðju í 300 m y.s og þykkt 200 m. Lagið er óvirkt og hermír hálendi Hengilssvæðins.</i> .....	92
Mynd 56: <i>Lag U hefur miðju við sjávarmál og er 400 m að þykkt. Kubbar í ytri hluta þess eru óvirkir.</i> .....	93
Mynd 57: <i>Lag M er með miðju í 350 m u.s og er 300 m þykkt.</i> .....	94
Mynd 58: <i>Lag G er með miðju í 600 m u.s og er 200 m þykkt.</i> .....	95
Mynd 59: <i>Lag L er með miðju í 850 m u.s og er 300 m þykkt.</i> .....	96
Mynd 60: <i>Lag R er með miðju í 1250 m u.s. og er 500 m þykkt.</i> .....	97
Mynd 61: <i>Lag S er með miðju í 1750 m u.s. og er 500 m þykkt.</i> .....	98
Mynd 62: <i>Lag B er botnlag líkansins. Það er óvirkt og er 400 m þykkt með miðju í 2200 m u.s. Aðeins einn bergeiginleiki er í þessu lagi.</i> .....	99
Mynd 63: <i>Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi U.</i> .....	101
Mynd 64: <i>Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi M.</i> .....	102
Mynd 65: <i>Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi G.</i> .....	103
Mynd 66: <i>Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi L.</i> .....	104



Mynd 67: <i>Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi R.</i> .....	105
Mynd 68: <i>Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi S.</i> .....	106
Mynd 69: <i>Bergeiginleikar í lagi U á Nesjavöllum.</i> .....	108
Mynd 70: <i>Bergeiginleikar í lagi M á Nesjavöllum</i> .....	109
Mynd 71: <i>Bergeiginleikar í lagi G á Nesjavöllum</i> .....	110
Mynd 72: <i>Bergeiginleikar í lagi L á Nesjavöllum.</i> .....	111
Mynd 73: <i>Bergeiginleikar í lagi R á Nesjavöllum.</i> .....	112
Mynd 74: <i>Bergeiginleikar í lagi S á Nesjavöllum.</i> .....	113
Mynd 75: <i>Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi U.</i> .....	115
Mynd 76: <i>Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi M.</i> .....	116
Mynd 77: <i>Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi G.</i> .....	117
Mynd 78: <i>Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi L.</i> .....	118
Mynd 79: <i>Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi R.</i> .....	119
Mynd 80: <i>Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi S.</i> .....	120
Mynd 81: <i>Samræmi upphafshita og þrýstings í holum 5-8 á Nesjavöllum.</i> .....	122
Mynd 82: <i>Samræmi upphafshita og þrýstings í holum 9-12 á Nesjavöllum.</i> .....	123
Mynd 83: <i>Samræmi upphafshita og þrýstings í holum 13-16 á Nesjavöllum.</i> .....	124
Mynd 84: <i>Samræmi upphafshita og þrýstings í holum 17-20 á Nesjavöllum og í holu ÖJ-1 á Ölkelduhálsi.</i> .....	125
Mynd 85: <i>Samræmi upphafshita og þrýstings í holum 3-6 á Hellisheiði.</i> .....	126
Mynd 86: <i>Samræmi upphafshita og þrýstings í holum á Hellisheiði, Ölkelduhálsi, Ölfusdal og í Árbæ við Selfoss.</i> .....	127
Mynd 87: <i>Samræmi upphafshita og þrýstings í nokkrum holum í Ölfusi.</i> .....	128
Mynd 88: <i>Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi U.</i> .....	130
Mynd 89: <i>Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi M.</i> .....	131
Mynd 90: <i>Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi G.</i> .....	132
Mynd 91: <i>Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi L.</i> .....	133
Mynd 92: <i>Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi R.</i> .....	134
Mynd 93: <i>Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi S.</i> .....	135
Mynd 94: <i>Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi U og M.</i> .....	137
Mynd 95: <i>Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi G og L.</i> .....	138
Mynd 96: <i>Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi R og S.</i> .....	139
Mynd 97: <i>Mæld og reiknuð vinnslusaga holna 5-9 á Nesjavöllum.</i> .....	141
Mynd 98: <i>Mæld og reiknuð vinnslusaga holna 10-13 á Nesjavöllum.</i> .....	142

Mynd 99: <i>Mæld og reiknuð vinnslusaga holna 14-17 á Nesjavöllum.</i> .....	143
Mynd 100: <i>Mæld og reiknuð vinnslusaga holna 18-21 á Nesjavöllum.</i> .....	144
Mynd 101: <i>Mæld og reiknuð vinnslusaga holu 22 á Nesjavöllum, og holna KHG-1, HE-3 og HE-4 á Hellsheiði.</i> .....	145
Mynd 102: <i>Mæld og reiknuð vinnslusaga holna HE-5 til HE-7 á Hellsheiði.</i> .....	146
Mynd 103: <i>Drýstibreytingar í holum 7, 9, 10, 12 og 14 á Nesjavöllum.</i> .....	148
Mynd 104: <i>Drýstibreytingar í holum 14, 15, 17 og 18 á Nesjavöllum.</i> .....	149
Mynd 105: <i>Drýstibreytingar í holu NJ-18, KHG-1 og öll saga holna NJ-7 og NG-10.</i> .....	150

## 1. INNGANGUR

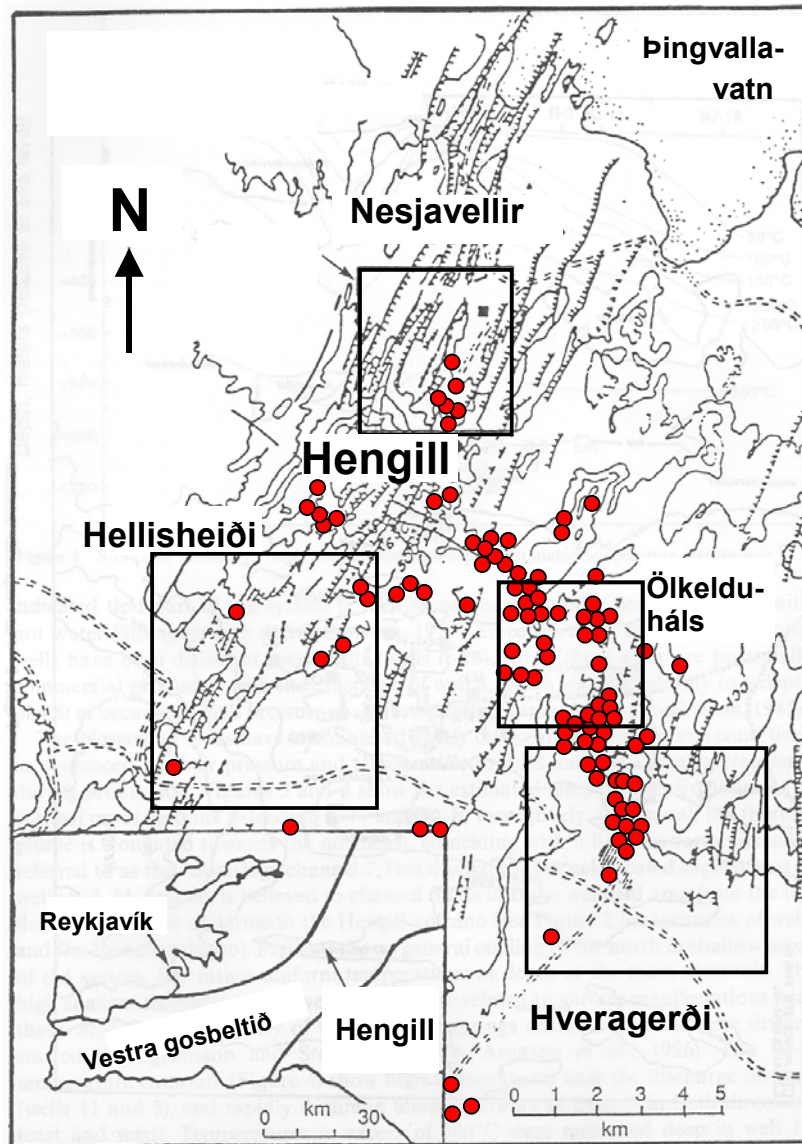
Eftirfarandi skýrsla lýsir gerð reiknilíkans af Hengilssvæðinu og hvernig beita má líkaninu til að meta viðbrögð jarðhitakerfanna á Nesjavöllum og á Hellisheiði við aukinni vinnslu í framtíðinni. Slík reiknilíkön hafa verið þróuð samhliða jarðhitavinnslunni á Nesjavöllum allt frá árinu 1984 og uppfærð margsinnis eftir því sem vinnslu- og borsagan lengist. Mjög margþættar og viðamiklar rannsóknir eru að baki líkanreikninganna. Er stundum sagt að líta megi á þá sem eins konar endastöð þeirra athugana sem gera þarf til að fá fram sem bestar forsendur fyrir stærð og rekstri orkuvera á háhitasvæðum.

Reiknilíkan það sem hér er lýst hefur verið í þróun allt frá haustinu 2001. Þá óskaði Orkuveita Reykjavíkur eftir því við Rannsóknasvið Orkustofnunar, forvera núverandi Íslenskra orkurannsóknna, að það innti af hendi þá líkanreikninga sem nauðsynlegir þættu til að meta afkastagetu jarðhitasvæðanna á Nesjavöllum og á Hellisheiði. Boðað var til Hrafnabings um þetta verkefni í Rafveituheimilinu við Elliðaár í ágúst 2001, hvar breiðfylking íslenskra jarðvísindamanna lýsti niðurstöðum sinna athugana á Hengilssvæðinu. Í kjölfarið var afráðið að gengið yrði út frá eftirfarandi forsendum og verklagi við gerð reiknilíkansins:

- Einungis eitt og sama líkanið myndi herma bæði svæðin, Nesjavelli og Hellisheiði.
- Einungis eitt hita- og massauppstreymi undir Hengli hiti bæði líkansvæðin að núverandi hita- og þrýstiástandi.
- Hugsanlega megi einnig skýra jarðhitann á Ölkelduhálsi og í Hveragerði með þessu sama uppstreymi, þó önnur uppstreymissvæði kunni fremur að vera þar að verki.
- Ungar gossprungur, sem ganga bæði gegnum Hellisheiði og Nesjavelli, virka sem meginleiðarar fyrir streymi heita vökvans í jörðinni, út frá uppstreyminu undir Hengli.
- Eiginleikar jarðlaga á Nesjavöllum verði í upphafi þeir sömu og í eldri reiknilíkönunum, og dreifing bergeiginleika á Hellisheiði verði einnig höfð í upphafi reikninga svipuð og á Nesjavöllum.
- Sjálfleit líkanstærða verði framkvæmd af iTOUGH2 hermiforritinu og reikningar þess gerðir samhliða í öflugum og marggörgjörva tölvuklasa.

Með þessari aðferðafræði vinnst þrennt: 1) afrakstur fyrri líkanreikninga gengur beint inn í nýja líkanið, 2) nýja líkanið verður fært um að meta áhrif vinnslu úr öðru svæðanna, Nesjavalla eða Hellisheiðar, á hitt og 3) nýjustu og öflugustu útgáfur af hermiforritum og tölvum eru að baki reiknilíkaninu.

Mynd 1 sýnir svæði það sem er til umfjöllunar í þessari skýrslu. Miðja þess fellur saman við megineldstöðina í Hengli, en hún hefur verið virk a.m.k. síðustu 200 þúsund árin. Innan sprungureinar Hengilsins finnast jarðhitakerfin á Nesjavöllum og á Hellisheiði. Forveri Hengilseldstöðvarinnar, Hveragerðiseldstöðin, er þarna fyrir austan og innan hennar er jarðhitinn í Hveragerði. Mikill yfirborðsjarðhiti finnst á línu milli þessara tveggja kerfa, einna mestur á Ölkelduhálsi.



**Mynd 1:** Yfirlitskort af Hengilssvæðinu og helstu jarðhitakerfum. Jarðhitastaðir eru sýndir með rauðum doppum.

Skýrsla þessi er þannig byggð upp að fyrst er lýst niðurstöðum borana á Hellisheiði, eins og þær lágu fyrir vorið 2003, og hvernig þær ganga inn í hugmyndalíkan jarðhitans á öllu Hengilssvæðinu. Því næst er gerð grein fyrir eldri útgáfum reiknilíkana af Nesjavöllum. Að því búnu er núverandi reiknilíkani lýst, svo og hvernig tókst að láta það fella saman mældar og reiknaðar stærðir. Settar eru fram spár um frammistöðu svæðanna tveggja næstu 30 árin, og miðað við að massa- og varmataka ígildi allt að 240 MW rafmagnsframleiðslu samtímis á Nesjavöllum (120) og á Hellisheiði (120). Loks er lagt mat á hvernig massa- og orkuforði líkansins jafnar sig ef öll vinnsla er stöðvuð árið 2036 og sú athugun sett í samhengi við sjálfbærni og afturkræfni framkvæmdarinnar. Í viðaukum er svo að finna nánari útlistanir á dreifingu bergeiginleika, samræmi mældra og reiknaðra gilda og annarrar ítarumfjöllunar þar sem nánar er lýst þeim umfangsmiklu mælingum og reikningum sem liggja að baki líkaninu.



## 2. HUGMYNDALÍKAN JARÐHITANS Í HENGLI

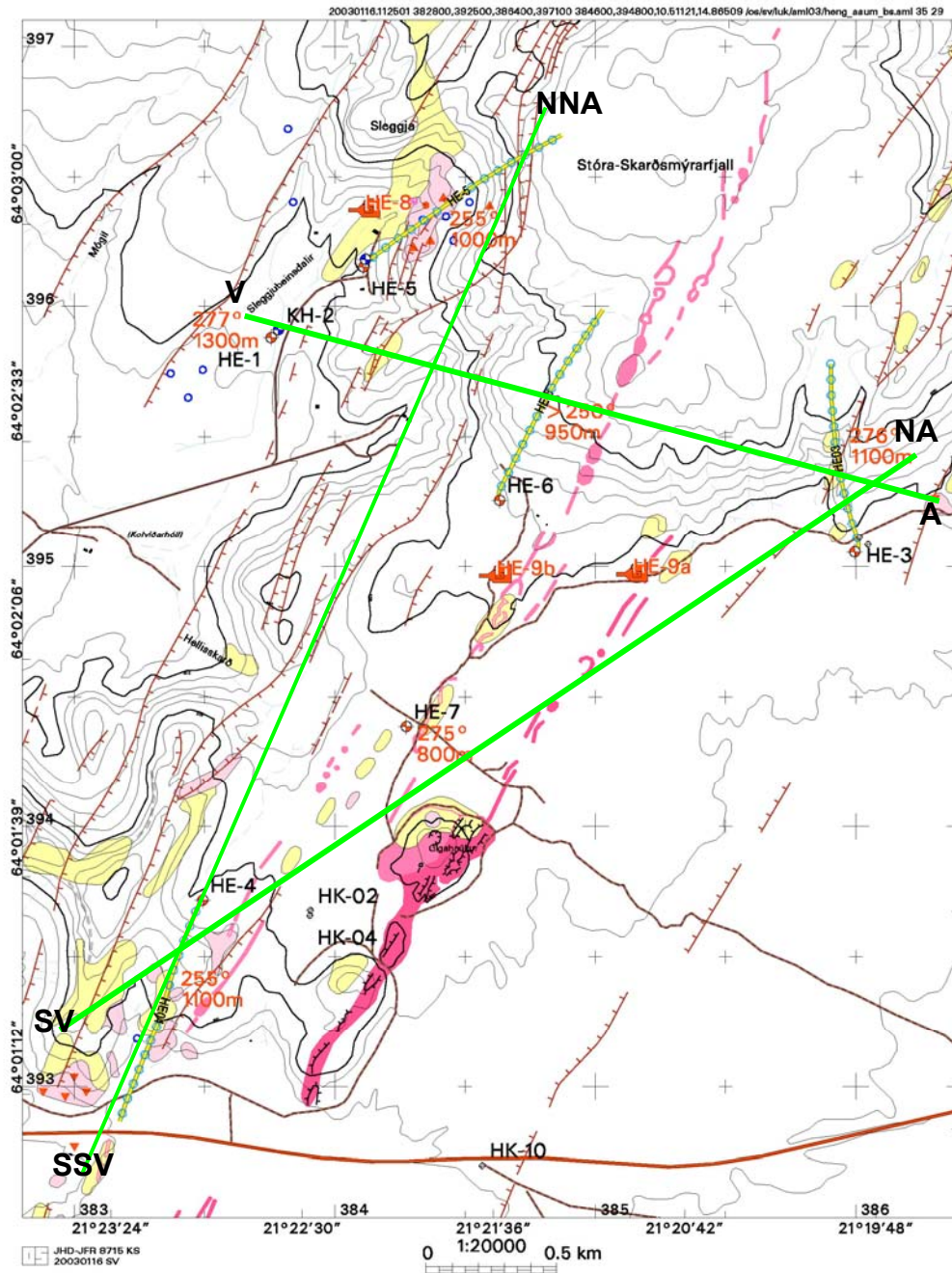
Sem fyrr greinir hníga nú allar rannsóknir til þess að jarðhitnum í Hengli sé stjórnað af samnefndri megineldstöð. Djúpt undir henni hagi þannig hita- og þrýstiástandi að lóðrétt lekt sé greið og að heitur vökvi stígi þar upp. Þessi vökvi leitar síðan út eftir virku sprungustykki Hengilsins, bæði til norðurs í átt að Nesjavöllum en einnig til suðurs í átt að Hellisheiði. Hugmyndalíkan þetta hefur verið til staðar a.m.k. allt aftur til ársins 1985. Það sækir sér stuðning í fjölda mælinga og rannsókna.

Nýlegar boranir á Hellisheiði hafa svo leitt í ljós að hugmyndalíkan ráðandi lektar í sprungustykki Hengilsins stenst með ágætum, en að ákveðin jaðareinkenni eru kominn í jarðhitann á þessu svæði. Á mynd 2 eru sýndar saman holustaðsetningar og helstu þættir í jarðfræði Hellisheiðar. Megindrættirnir eru, líkt og á Nesjavöllum, sprungurein Hengilseldstöðvarinnar, mörkuð af misgengjum. Þá eru áberandi frá nútíma tvær gossprungur á Hellisheiði, sem einnig náðu að gjósa á Nesjavöllum en slitna í sundur um há-Hengilinn. Er sú vestari um 5500 ára gömul en sú eystri gaus síðast fyrir um 2000 árum auk þess að hafa einnig gosið í ísaldarlok fyrir rúmum 10 þúsund árum.

Sú lýsing á hugmyndalíkani jarðhitans í Hengli, sem hér fer á eftir, mun fyrst og fremst beinast að þeim rannsóknunum á Hellisheiði sem nú eru í gangi. Mun minni áhersla er á jarðhitakerfin á Nesjavöllum, Ölkelduhálsi og í Hveragerði. Verður fremur vísað til heimilda um niðurstöðu rannsókna í þeim.

### 2.1. Hita- og þrýstidreifing

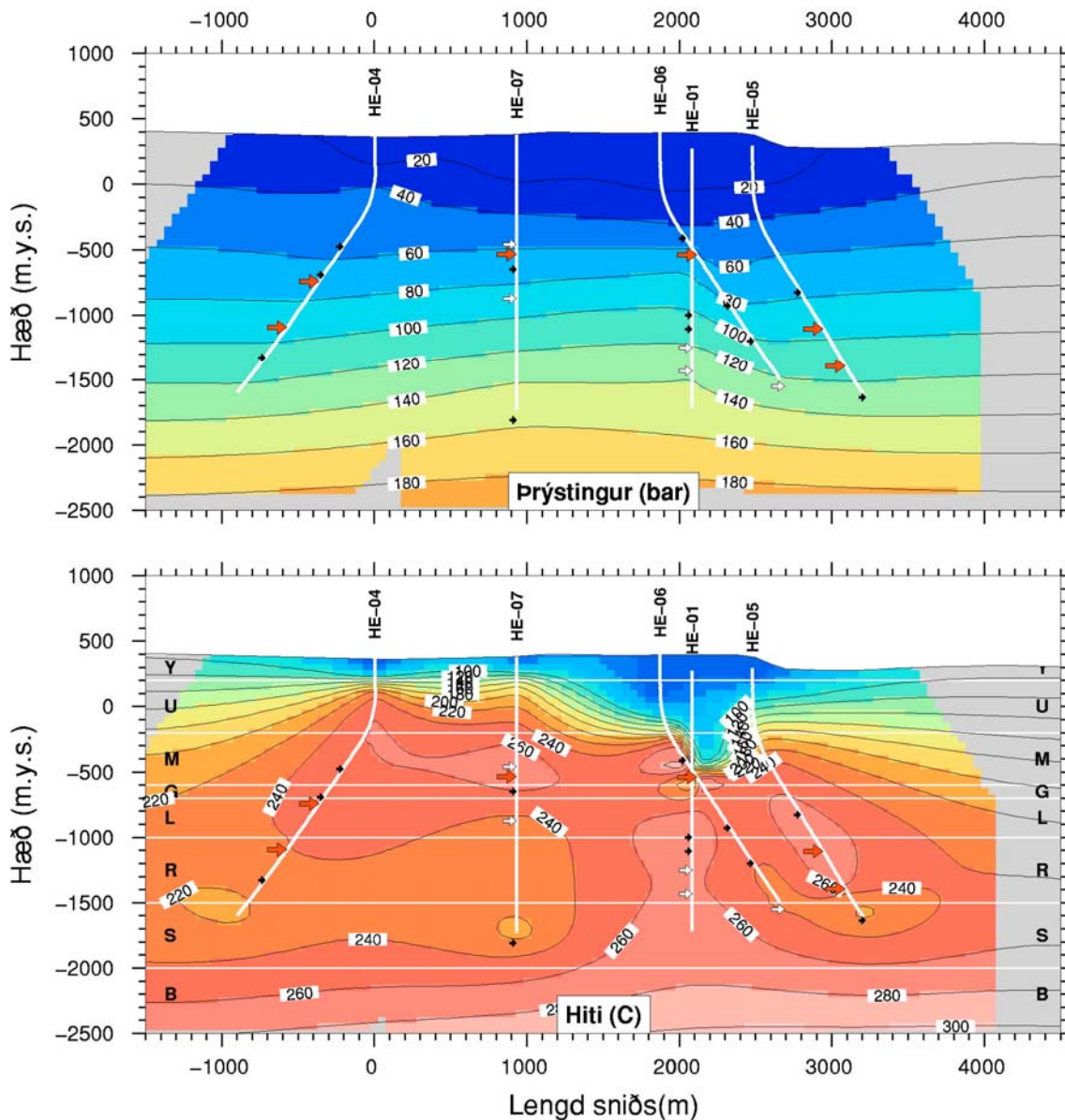
Mikilvægur þáttur í að skilja jarðhitann á Hellisheiði, felst í að túlka berghita og upphafsþrýsting í borholum og í framhaldinu teikna þessar stærðir bæði í láréttum plönnum og í lóðréttum sniðum. Þessi vinna hefur nú í aðalatriðum verið innt af hendi. Eins er búið að skoða hvernig hita- og þrýstidreifingin fellur að öðrum rannsóknum. Mikilvægur þáttur í úrvinnslunni var að þróa áfram hugbúnað sem getur varpað holumælingunum inn á snið og plön og gildir þá einu hvort hola er lóðrétt eða á ská. Eins var alúð lögð við að ganga þannig frá teikniskeljum að hægt væri að skoða hita og þrýstidreifingu eingöngu á Hellisheiði, á Nesjavöllum eingöngu eða þá á öllu Hengilssvæðinu að Hveragerði meðtöldu (Arnar Hjartarson og Grímur Björnsson, 2003).



**Mynd 2:** Borholur og einfölduð jarðfræði á Hellisheiði.

Holutoppar eru sýndir með holunafni (HE) og hring með krossi í  $\oplus$ . Eins er sýndur hæsti hiti í HE-holunum og dýpi á hann. Ef holan er boruð á ská, er ferill hennar sýndur með daufgrænni línu. Gossprungur eru sýndar með ljós og dökkbleikum rákum, en ummynduð jörð með ljósbleikum og gulum flekkjum. Suðurlandsvegur sést neðst á myndinni í rauðu en slóðar í brúnu. Misgengi eru sýnd með hökuðum, brúnum línunum en hæðarlínur með svörtum og gráleitum ferlum. Grænar línur sýna legu hitasniðanna sem koma á næstu þremur myndum.

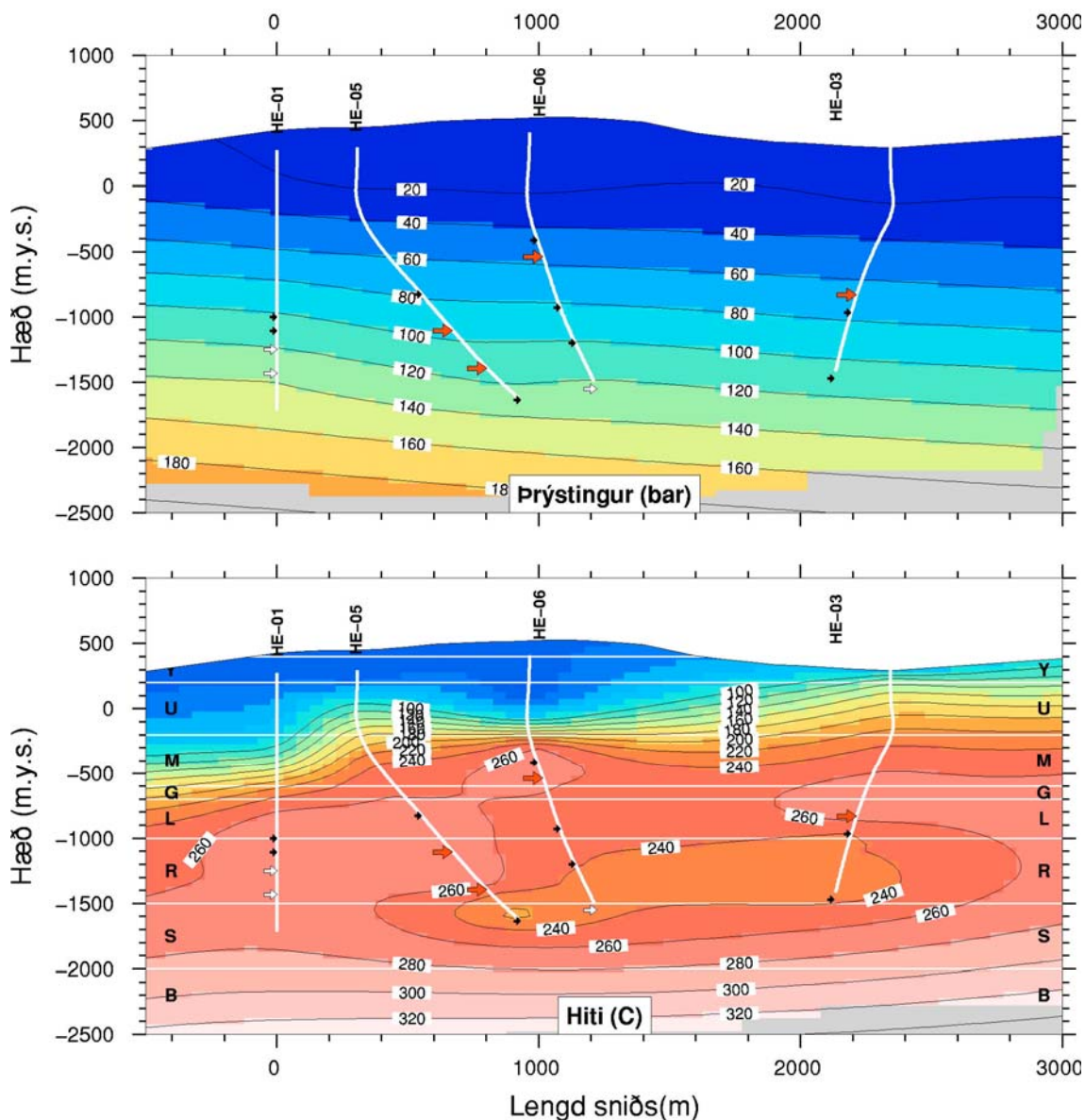
Mynd 3 sýnir hita- og þrýstidreifingu í NNA-SSV sniði á vestanverðri Hellisheiði, nánast samsíða hinni 5500 ára gömlu, vestari gossprungu. Sniðið bendir til þess að hitinn á Hellisheiði komi að norðan, undan Skarðsmýrarfjalli. Hæstur er djúphitinn í Kolviðarhólsholunni ( $>260\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en hins vegar nokkru kaldari djúpt í holum HE-5 og HE-6 ( $\leq 240\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Eins sést í sniðinu að  $240\text{-}270\text{ }^{\circ}\text{C}$  heiti vökvinn að norðan streymir til suðurs á milli sjávarmáls og  $\sim 800\text{ m}$  u.s. Þar neðan við er hitinn, líkt og norðar, talsvert lægri ( $220\text{-}240\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Hinn hækkandi hiti neðan  $2000\text{ m}$  dýpis á myndinni er hins vegar tilgáta sem ekki fæst staðfest nema með dýpri holum.



GMT Apr 2 09:32:52 2003 nytt-hengilssnid -n HE-04 -r 335 -a -x 14 -d 700 -s hel -ta 0.6 Mynd:

**Mynd 3:** Hita- og þrýstidreifingu í NNA-SSV sniði á Hellisheiði. Æðar eru sýndar með örvum og teiknast þær því stærri sem æðin er talin betri.

Mynd 4 sýnir hita og þrýsting í A-V sniði á Hellisheiði. Hér vekur helst athygli að þrýstingur fellur nokkuð jafnt frá vestri til austurs. Þá hegðan má skýra með fyrirbæri í austri sem dregur til sín massa frá vesturluta sniðsins. Magnið er óþekkt en líkast til lítið. Þá ber að nefna að myndum 3 og 4 er það sammerkt að sterkustu æðar í borholum fara saman við hæsta mælda hitann. Ber að túlka það þannig að heiti jarðhitavökvinn úr norðri sé ráðandi í þessu dýptarbili og dreifi sér út um bestu lektina. Þá er áfram áberandi hitaviðsnúningur djúpt í sniðinu nema vestast og austast. Líklega er vaxandi hiti með dýpi raunverulegur í holunni við Kolviðarhól, meðan austurhlutinn teiknast allt of heitur og stafar það af rangri brúun hitalína í tekniforriti.

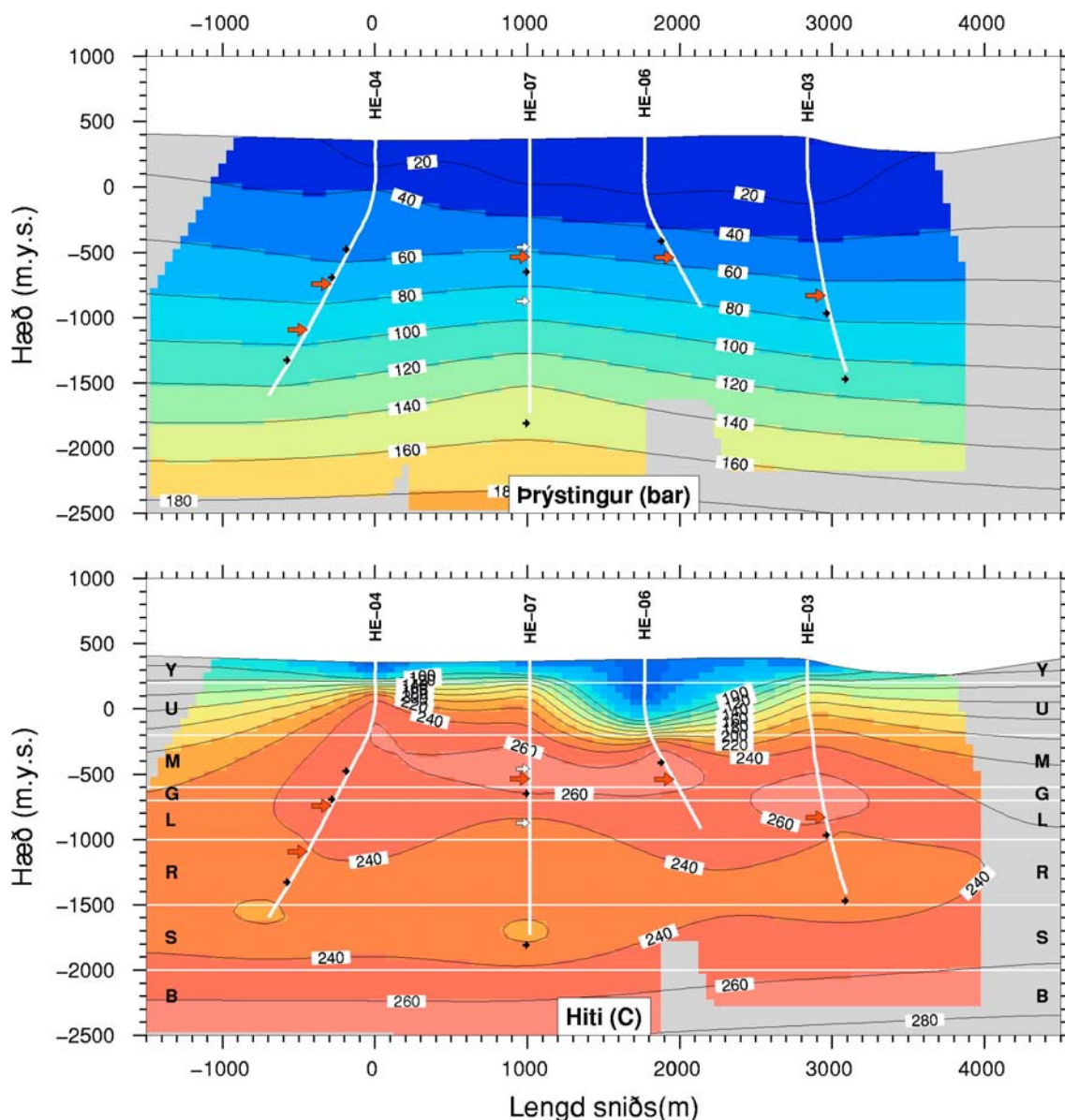


**GMT** Apr 2 09:38:57 2003 nytt-hengillssnid -n HE-01 -r 260 -a -x 14 -d 1000 -s hel Mynd:

Mynd 4: Hiti- og þrýstingur á Hellisheiði, milli austurs og vesturs.



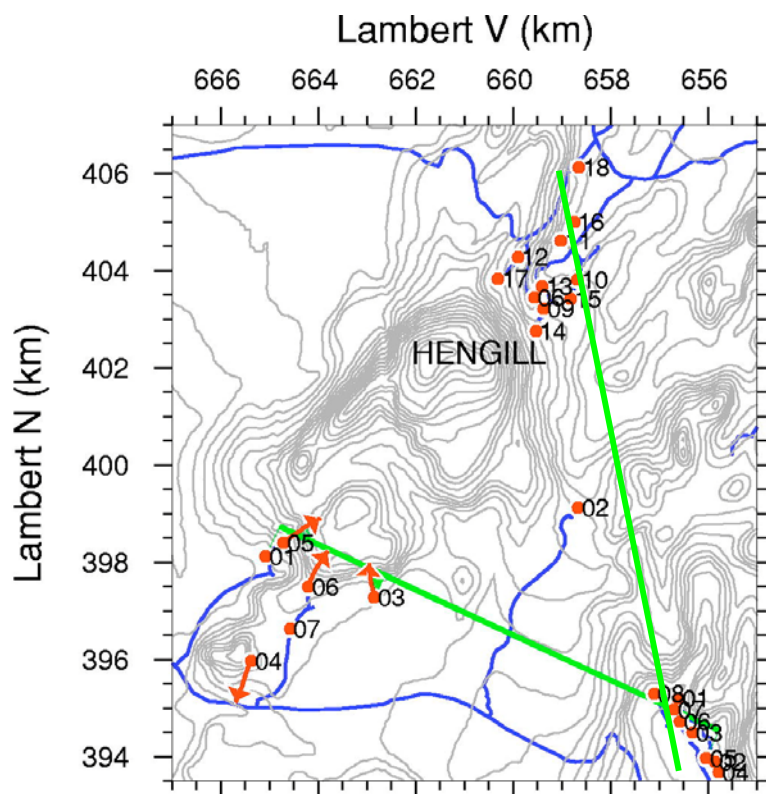
Mynd 5 sýnir þriðja hita- og þrýstisniðið á Hellisheiði, að þessu sinni milli NA og SV. Svipað er hér uppi á teningnum og í fyrri myndum, hiti er mestur frá sjávarmáli og niður á 800-1000 m dýpi u.s. Áfram eru allar holur viðsnúnar og bestu æðarnar fylgja hæsta hita. Þá er þrýstingur hæstur um miðbik sniðsins sem kann að merkja að heiti vökvastraumurinn úr norðri sé hvað sterkastur þarna. Að samanlögðu virðist því sem skilgreina megi jarðhitakerfið á Hellisheiði sem lárétta plötu, mjög útbreidda og 600-800 m þykka þar sem hitinn mælist á bilinu 250-280 °C. Vatnslekt er líka til staðar dýpra í staflanum en ekki eins góð og í heita hlutanum. Verulegur fengur er að þessari þekkingu. Hún sýnir að efnileg varmanáma er til staðar á Hellisheiði sem ástæða er til að þróa frekar ef borkostnaður, umhverfisáhrif og orkuverð leyfa.



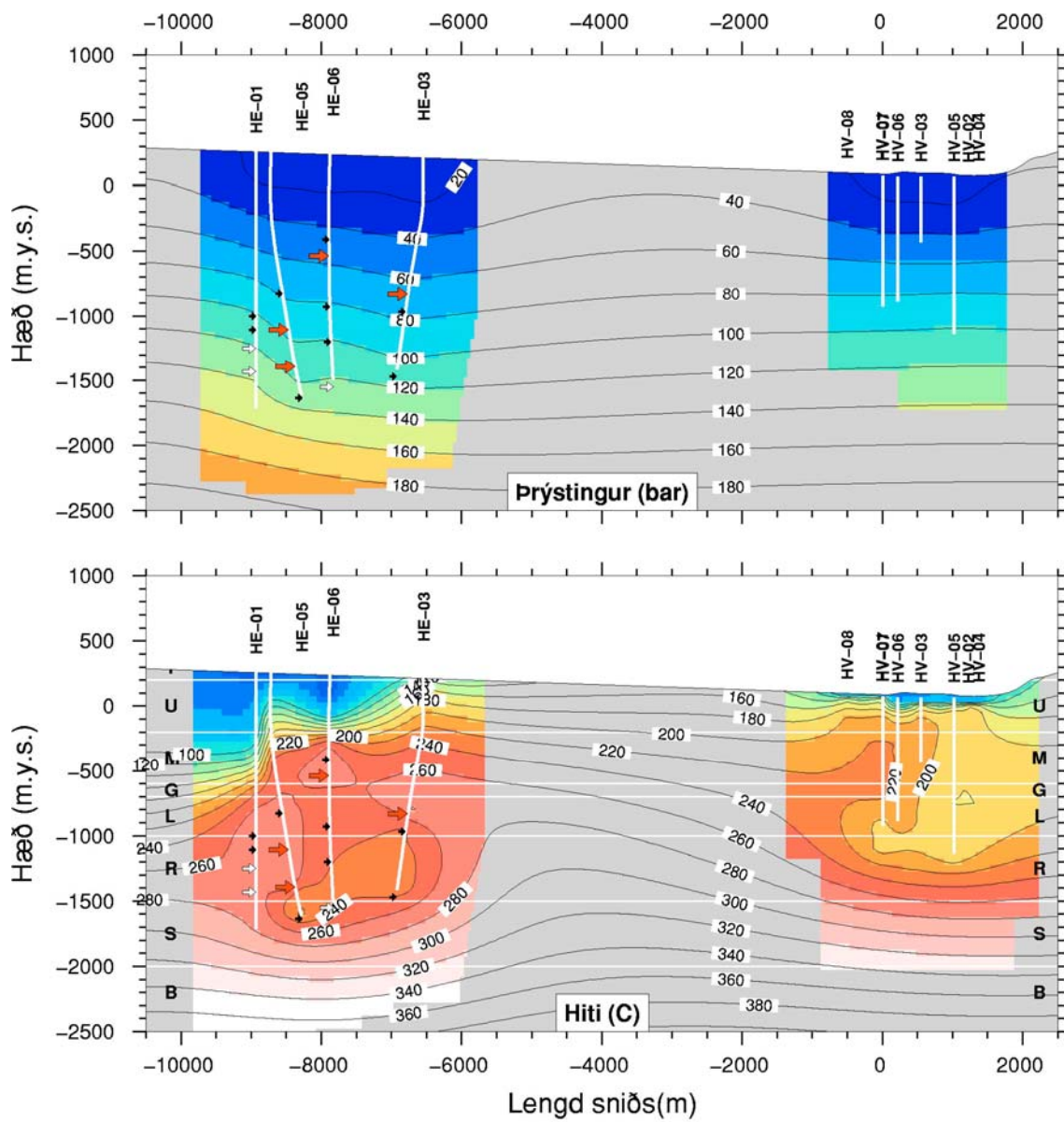
GMT Apr 2 10:12:51 2003 nytt-hengilsnið -n HE-04 -r 300 -a -x 14 -d 1000 -s hel Mynd:

Mynd 5: Hita- og þrýstidreifing í NA-SV sniði á Hellisheiði.

Fróðlegt er að skoða hita- og þrýsting í sniðum milli Hellisheiðar annars vegar, og Hveragerðis eða Nesjavalla hins vegar. Mynd 6 sýnir hvernig tvö slík snið liggja í landinu. Mynd 7 sýnir hita og þrýsting í fyrra sniðinu, milli Hellisheiðar og Hveragerðis. Þess ber að geta að við gerð myndarinnar var afráðið að nota holuhita og -þrýsting í Hveragerði, eins og hann mældist áður en skjálftahrina hófst í Hengli árið 1994. Hér fæst fram ákveðin þrýstilægð mitt á milli þessara tveggja svæða. Virðist þarna til staðar fyrirbæri í jarðfræðinni sem drenar vökva út úr miðju sniðinu, bæði frá Hveragerði og Hellisheiði. Annað athyglisvert atriði í myndinni er að þrýstingur holu HE-3 kann að vera allt að 10 börum lægri en í Hveragerði, miðað við sama dýpi. Má túlka það þannig að mjög ólíklegt er að vinnsla úr holum vestan HE-3 hafi áhrif á þrýsting í Hveragerði fyrr en svæðisniðurdrátturinn nálgast 10 bör.



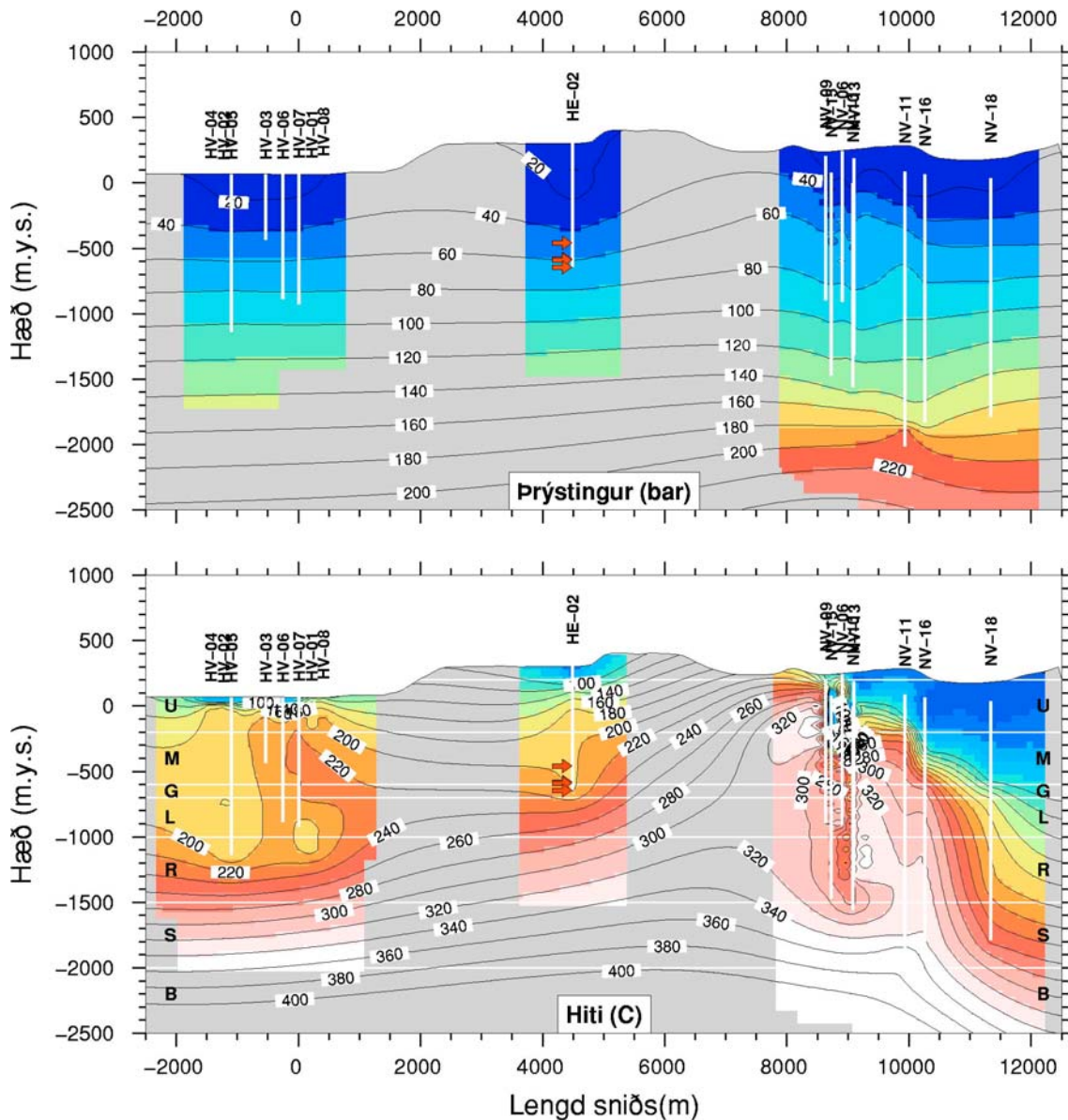
**Mynd 6:** Lega hita- og þrýstisniða milli Hellisheiðar, Hveragerðis og Nesjavalla.



GMT Apr 2 10:15:31 2003 nytt-hengilsnrid -n HV-07 -r 245 -a -x 14 -d 1000 -ta 0.35 -pa 0.35 Mynd:

Mynd 7: Hiti og prýstingur í sniði milli Hellisheiðar og Hveragerðis.

Mynd 8 sýnir hita í seinna sniðinu, frá Nesjavöllum í norðri til suðurs um Ölkelduháls að Hveragerði. Nú virðist sem þrýstingur sé svipaður í öllum svæðunum. Ekki er óhugsandi að neðra og heitara kerfi sé undir Ölkelduhálsholunni. Loks sést að hitinn í Hveragerði kemur beint úr norðri. Þá virðist sem miðja Nesjavallakerfisins flokkist sem staðbundin þrýstilægð á u.þ.b. 2000 m u.s. Dragi svæðið þannig til sín vökva frá jöðrunum í náttúrulegu ástandi.

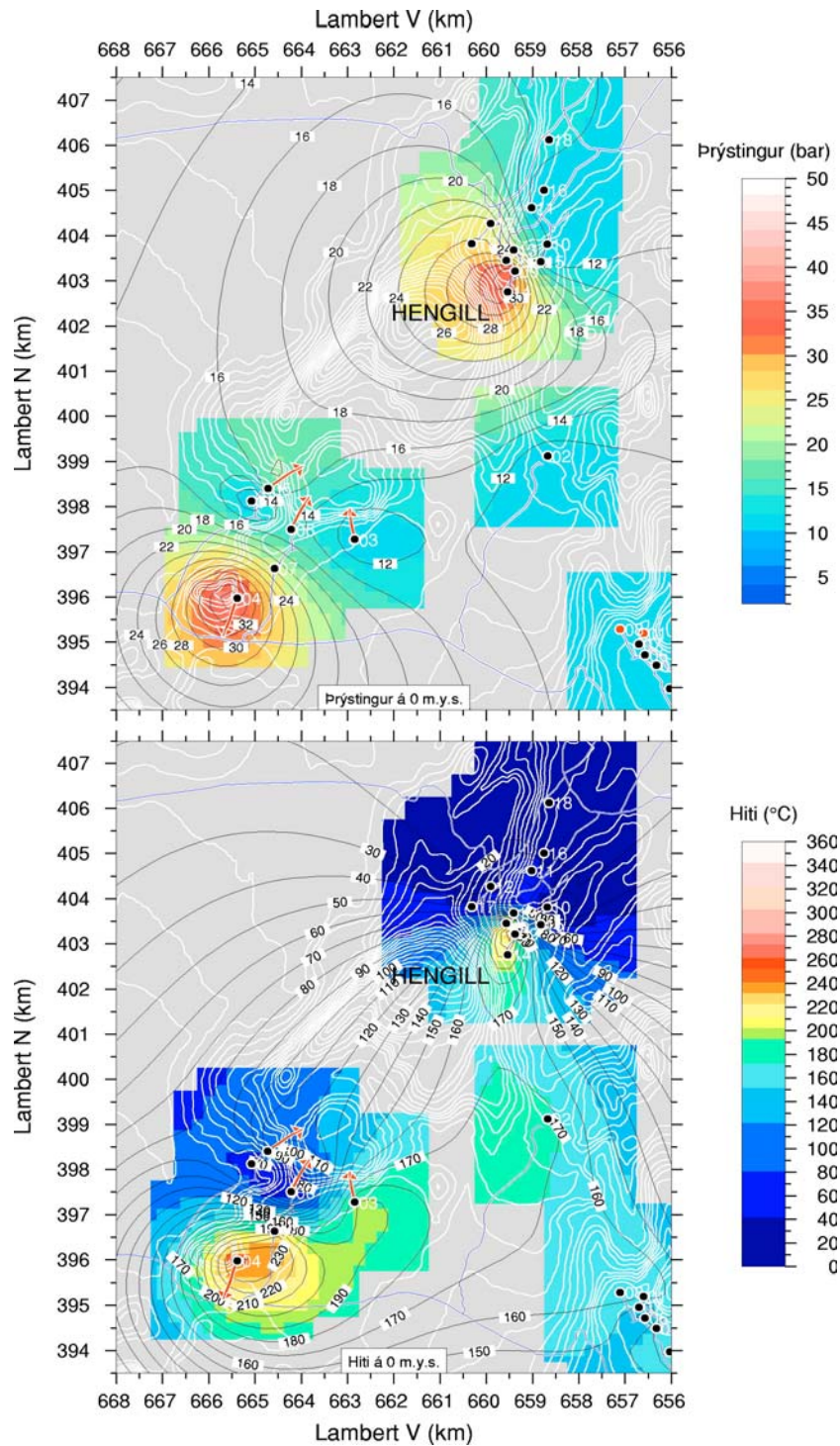


GMT Apr 2 10:16:50 2003 nytt-hengilsnid -n HV-07 -r 12 -a -x 14 -d 1100 -ta 0.35 -pa 0.35 Mynd:

Mynd 8: Hiti og þrýstingur í sniði um Nesjavelli, Ölkelduháls og Hveragerði.

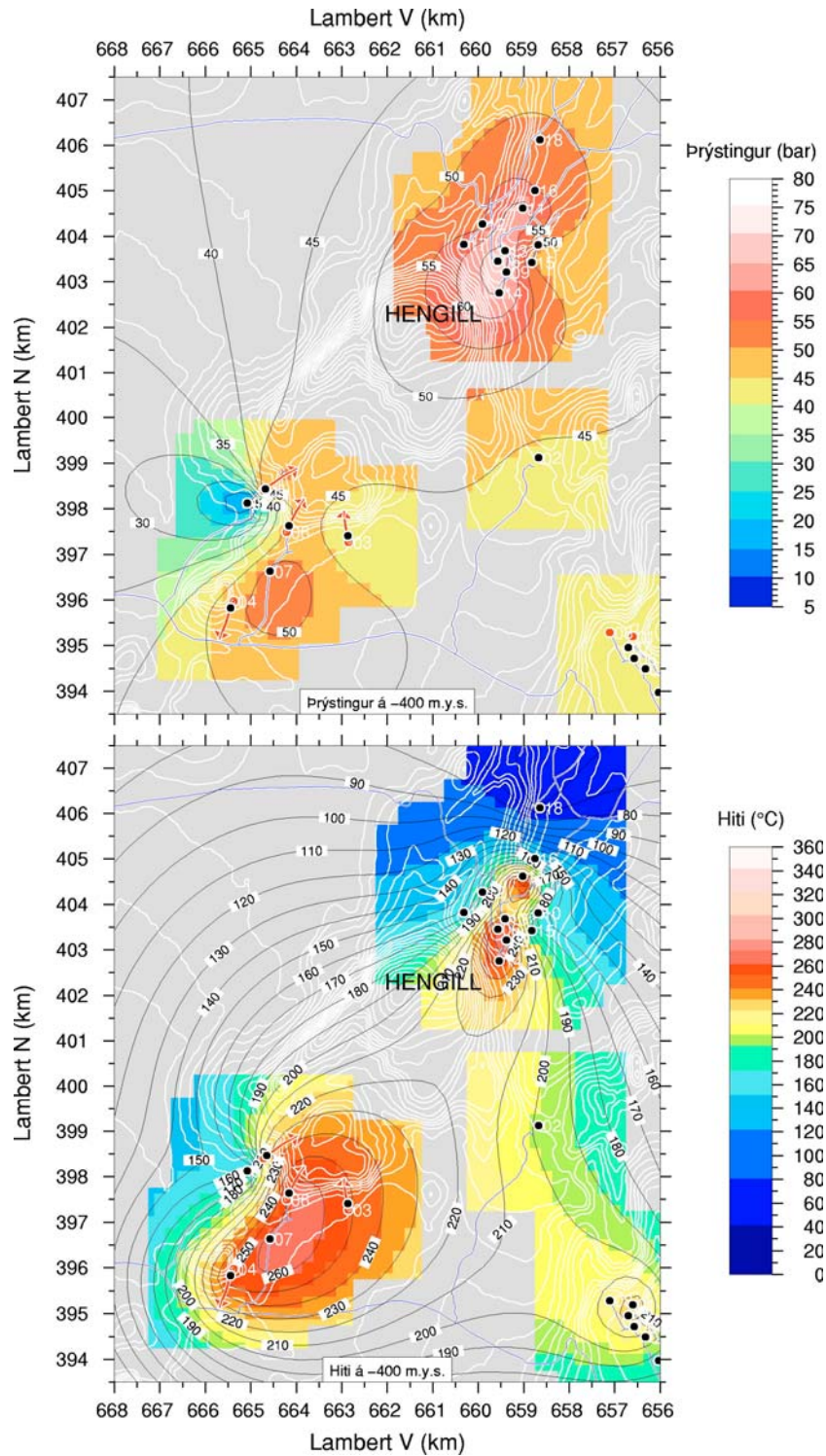


Mynd 9 sýnir hita- og þrýstidreifingu í fleti við sjávarmál. Hér koma bæði Nesjavellir og Hellisheiði (hola HE-4) fram sem þrýsti- og hitahæðir, í samræmi við að þarna er heitur og eðlisléttur vökvi að koma upp um þak jarðhitakerfanna. Eins sést að 160 °C jafnhitalínan líkist að formi til breiðum dropa, í samræmi við útbreiðslu lágviðnáms á þessu dýpi (Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001).



Mynd 9: Hita- og þrýstidreifing við sjávarmál.

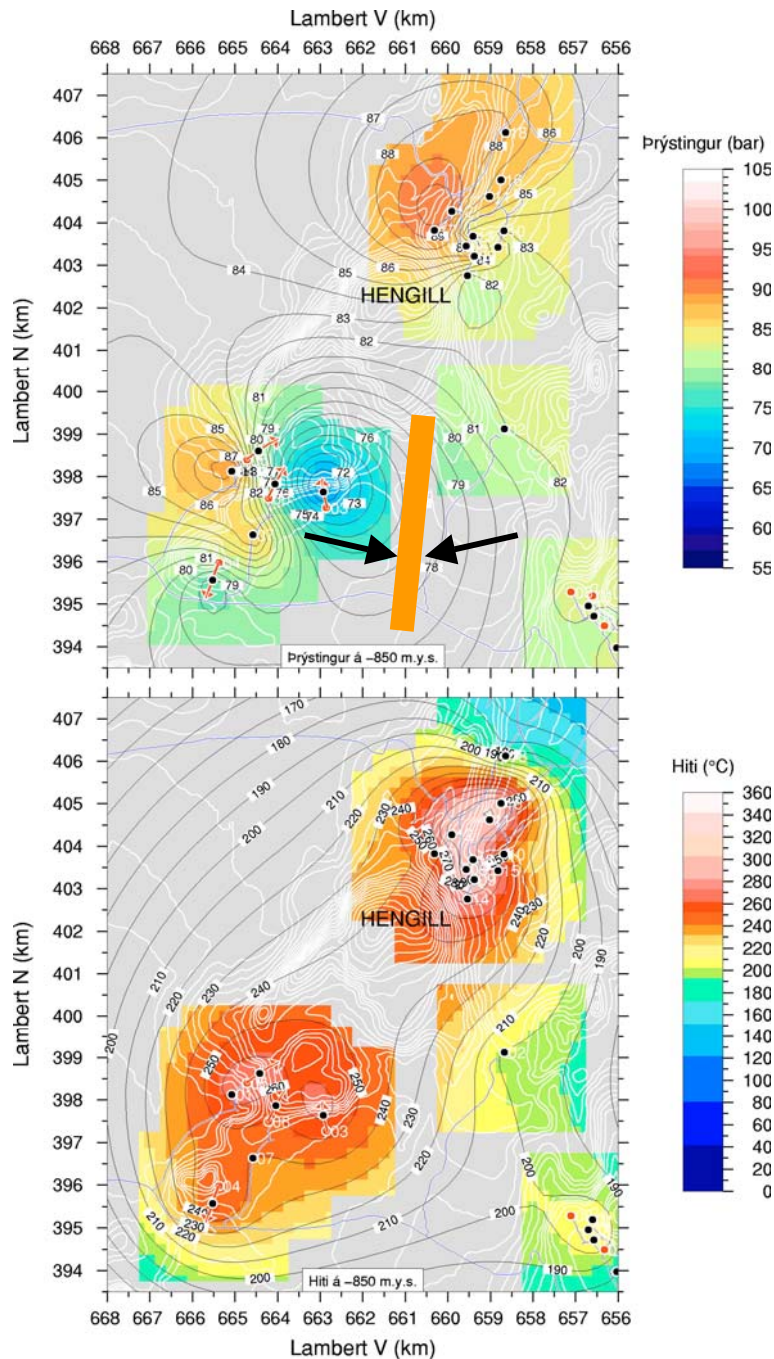
Mynd 10 sýnir hita og þrýsting á 400 m undir sjávarmáli, u.þ.b. rétt ofan við miðju heitu tungunnar undan Skarðsmýrarfjalli. Nú tekur hitinn að teygja sig áberandi eftir sprungu-  
stykki Hengilsins. Einnig má sjá eins konar þrýstihrygg á Hellisheiði sem kemur úr  
norrni um holu HE-6 að holu HE-7.



**Mynd 10:** Hiti og þrýstingur á 400 m dýpi undir sjávarmáli.

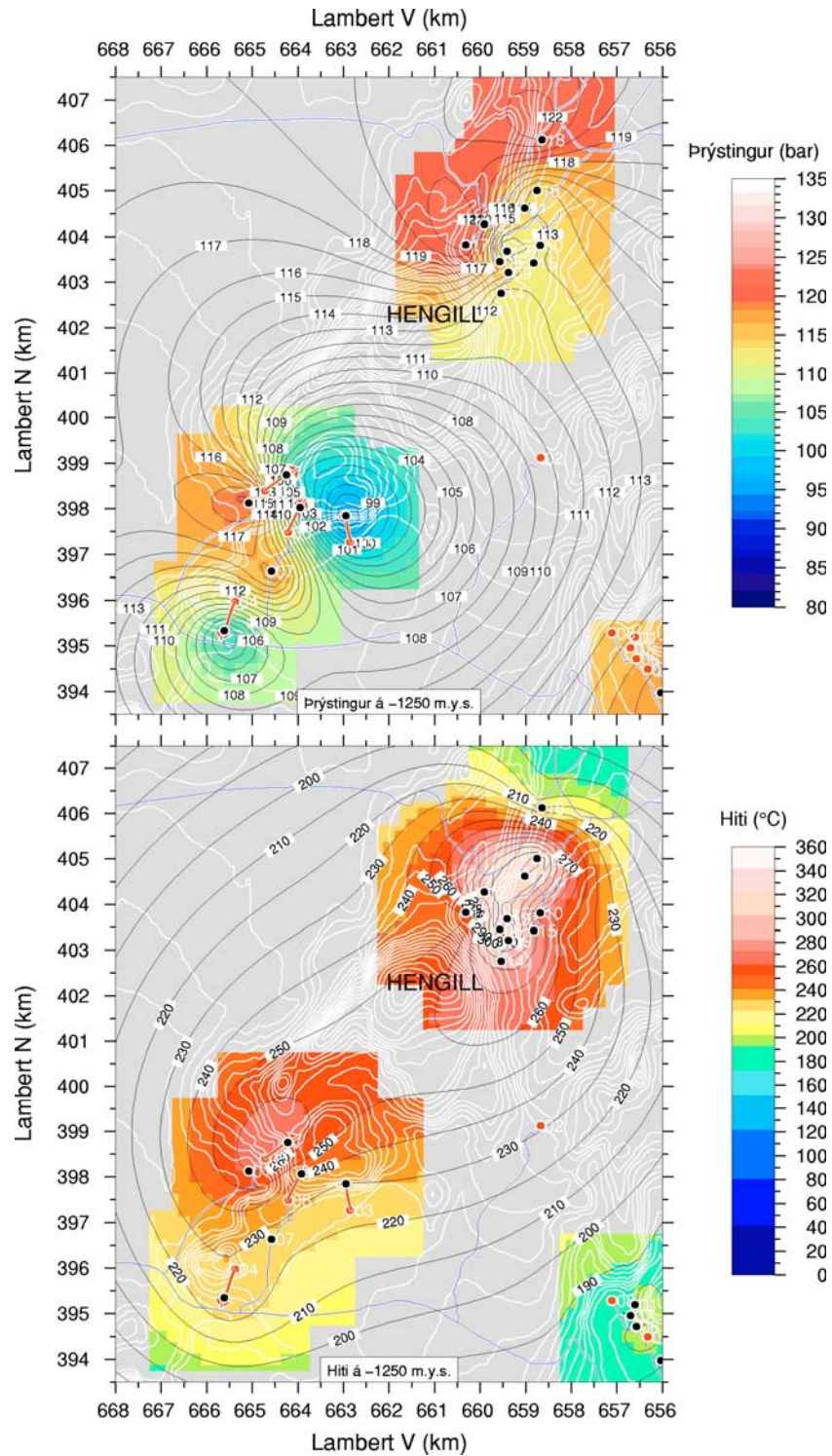


Mynd 11 sýnir hita og þrýsting á 850 m u.s. á Hengilssvæði. Nú er hitasvæðið í sprungurein Hengils ráðandi í hitamyndinni. Eins má nefna að hitasvæði Hellisheiðar er komið með sveig til suðausturs, út úr sprungustykkinu. Þá er komin áberandi þrýstilægð milli Hellisheiðar og Hveragerðis, þar sem hola HE-3 hefur lægstan þrýsting. Er nokkuð ljóst af þessu að á austanverðri Hellisheiði er til staðar fyrirbæri sem dregur að sér vökva og sendir áfram til suðurs og út úr heiðinni. Þá er áberandi að þrýstingur er hæstur vestast í sprungustykki Hengils, bæði á Nesjavöllum og á Hellisheiði.



**Mynd 11:** Hiti og þrýstingur á 850 m dýpi undir sjávarmáli. Appelsínugulu svæði og örvum er ætlað að sýna hvar vökvi drenast til suðurs út úr Hellisheiðinni.

Mynd 12 sýnir að lokum hita á 1250 m undir sjávarmáli. Nú er komið niður úr heitasta berginu á Hellsheiði og í viðsnúna hitann. Áfram er þrýstingur hæstur í vestri og lækkar hratt til austurs. Hitasvæðið á Hellsheiði (>230 °C) hefur á hinn veginn dregist verulega saman frá því sem var á 400 og 850 m u.s.



Mynd 12: Hiti og þrýstingur á 1250 m dýpi undir sjávarmáli.

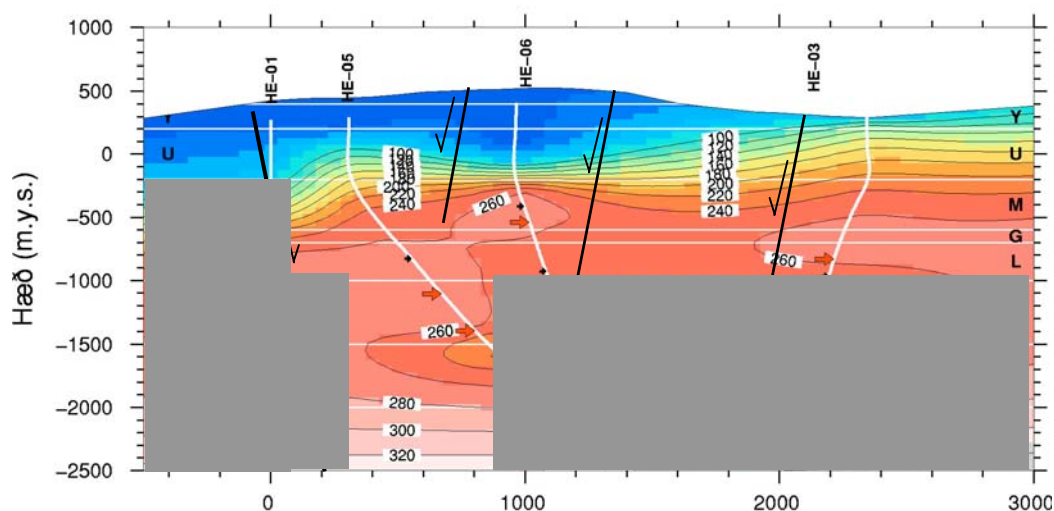


## 2.2. Upphleðslusagan á Hellisheiði

Undangengnar boranir HE holna á Hellisheiði hafa verið sérstæðar fyrir það að flestar holur hafa lent í algeru skoltapi þegar kemur í heita bilið á ~300 til ~900 m u.s. Neðan þess hefur því safnast sáralítið svarf. Er það til boga því fengur væri í að vita um atriði eins og hvort bergið neðan hitaviðsnúningsins hafi fyrrum verið heitara o.s.frv.

Á móti kemur að jarðlagamælingar eru til úr öllum holunum og hafa þeim verið gerð skil í nýlegri skýrslu (Gunnar Gunnarsson og Bjarni Reykr Kristjánsson, 2003). Af þeim má ráða að innskot hafa ekki verið jafntíð djúpt í Hellisheiði og oft er í íslensku rekbeltunum. Hugsanlegt er því að varmagjafir í formi bráðinnar kviku séu fátíðari í upphleðslusögunni en til að mynda á Nesjavöllum, þar sem gliðnun er bundin við tiltölulega þröngt belti. Getur hér valdið að sunnan Hengils deilist landrekið upp á milli vestara gosbeltisins, Suðurlandskjálftabeltisins og gliðunar í eldstöðvakerfum Bláfjalla og Hengils. Kann þetta þrennt að hafa leitt til þess að gliðnunin á Hellisheiði er dreifð og oft tekin upp með lóðréttu sigi á misengjum, í stað þess að kvika fylli upp í gapið sem landrekið veldur. Gæti bergið neðan hitaviðsnúningsins á Hellisheiði því verið eldra en Hengilseldstöðin. Hún hefur aftur á móti verið dugleg við að fylla sjálfan sigdalinn á Hellisheiði með ungum og lekum gosefnum með háan poruhluta. Þessi fylla telst þá sá hluti jarðlaga á Hellisheiði sem helst má skilgreina sem hið virka jarðhitakerfi. Og sem áður segir er það útbreitt, heitt og þykkt.

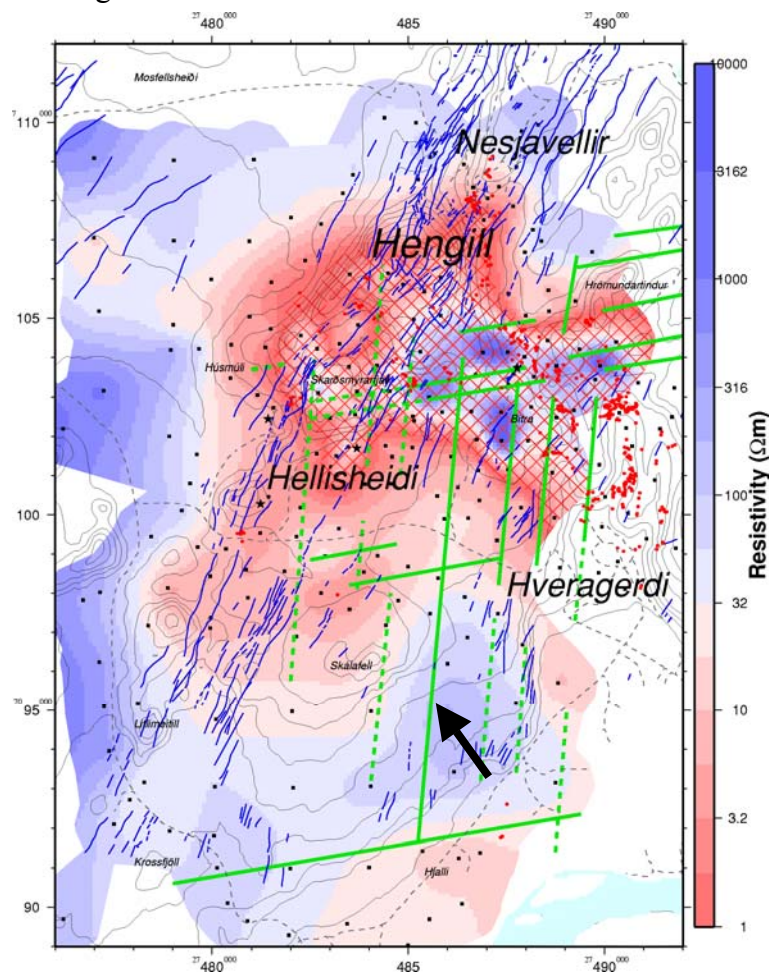
Mynd 13 sýnir skematískt hvernig upphleðslusagan er hugsað. Stór misgengi vestast á Hellisheiði hafa tekið upp mikla lóðrétt færslu. Liggja sum þeirra nærri Kolviðarhóls-holunni (HE-01 á mynd 13). Gliðnun þvert niður í gegnum allan staflann er talin einna mest austan við þessi brot og næst gossprungunum ungu á Hellisheiði. Að öðru leyti kann gamla bergið, sem var þarna við upphaf gliðunar í Hengli, að vera enn í miklu magni undir ungu efnunum í gosbeltinu á Hellisheiði. Djúp innskot eru fá nema þá helst nærri holu HE-7.



**Mynd 13:** Hugmynd að aldri jarðlaga á Hellisheiði, í sniði hornrétt á gosbeltið. Svæði með grárri skyggingu kann að vera berg sem hlóðst upp áður en Hengilseldstöðin myndaðist.

### 2.3. Bitrusprungan

Hið títtnefnda þrýstidren á Hellisheiði er einnig vert sérstakrar skoðunar. Hér er sett fram sú tilgáta að það megi tengja línu sem jarðskjálftar röðuðu sér á í hrinunum á Hellisheiði milli 1994 og 2000, og þá einna helst í hrinu sumarið 1998. Lína þessi stefnir rétt austan við hánorður. Hún kann að hefjast í norðri nærri holu 11 á Nesjavöllum, er hvað skýrust um miðbikið á Bitru og gæti endað í suðri nærri Hjalla í Ölfusi. Þetta fyrirbæri í jarðfræði Hengilsins verður hér eftir kallað Bitrusprungan. Henni hefur áður verið lýst í nýlegri jarðeðlisfræðiskýrslu (sjá mynd 14). Góð vatnslekt kann að vera til staðar eftir Bitrusprungunni og jafnframt tengsl við grunnvatn svo og þrýstingsminna láglendið sunnan Hengils.



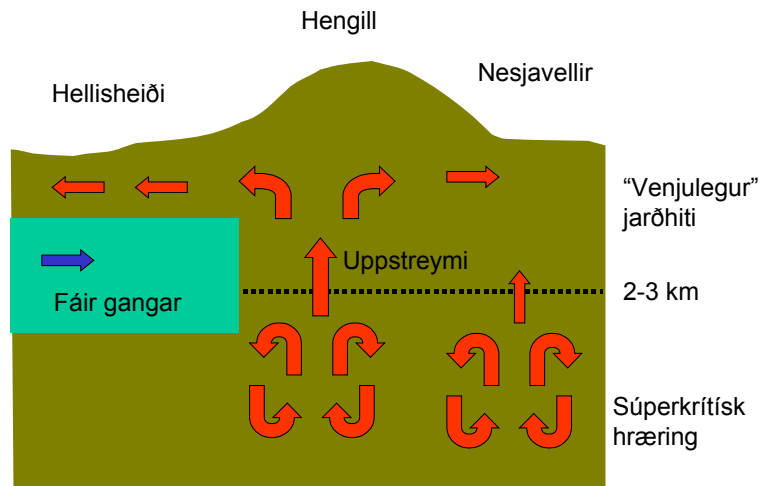
Mynd 14: Viðnámsdreifing og helstu skjálftalínur í Hengli. Ör bendir á Bitrusprunguna (úr Knútur Árnason og Ingvar Þ. Magnússon, 2001).

### 2.4. Djúp og grunn varmahræring í Hengli

Mynd 15 sýnir á einfaldan hátt það hugmyndalíkan sem nú þykir best lýsa jarðhitnum í Hengilseldstöðinni. Valið er að tvískipta því með dýpi. Ofan 2-3 km dýpis finnast hin hefðbundnu jarðhitakerfi sem seilst er til með nútímaborunum. Þau hafa í tímans rás verið hituð upp með uppstreymi djúpvatns undan Hengli. Þessi vökvi hefur síðan leitað til norðurs og suðurs frá uppstreyminu, mest lárétt en einnig upp til yfirborðs um hverasvæði. Þá má vera að staðbundið uppstreymi heits djúpvökva sé að finna víðar, til

að mynda við holu 11 á Nesjavöllum þar sem þeir krossast aðalleikararnir í höggunar-sögu Hengilsins, Bitrusprungan og sprungustykki Hengils.

Á Nesjavöllum, norðan Hengils er hiti vaxandi með dýpi og einnig þéttleiki innskota. Á Hellisheiði er þessu hins vegar öfugt farið, hiti er viðsnúinn og innskot fátíðari. Líkast til á sér stað krossflæði vökva á Hellisheiði. Ofan til sækir heiti og létti varma-straumurinn frá Hengli undan Skarðsmýrarfjalli og áfram til suðurs. Á meira dýpi er vatnið hins vegar orðið kaldara og eðlisþyngra. Það sækir því til norðurs, í átt að Hengilsuppstreyminu. Þar mætir það djúpa og heita uppstreyminu, blandast því, hitnar, léttist og stígur upp til að hefja nýja hringrás í sprungustykkinu.



**Mynd 15.** Hugmyndalíkan að jarðhitnum í Hengli. Lárétt brotalína á 2-3 km dýpi er hugsuð sem skil dýpri og grynri hluta jarðhitahringrásarinnar.

Rétt er að taka strax fram að í því reiknilíkani sem hér er til umfjöllunar, er neðri hluti þess látinn enda við stríkalínuna á 2-3 km dýpi á mynd 15. Þessi mót í jarðskorpunni verða því algerlega þétt í líkaninu og munu ekki gefa inn vökva nema þar sem uppstreymi eru leyfð. Djúpa hræringin neðan þessara skila er enn mjög svo óþekkt fyrirbæri í jarðhitafræðunum, þó fullyrða megi að án hennar væru háhitasvæðin harla ómerkileg. Nýlegar rannsóknir á hraða skjálftabylgna undir Hengli hafa leitt í ljós þá athyglisverðu niðurstöðu að hlutfall p og s bylgjuhraða er mjög lágt, svo djúpt sem rannsóknin náði, eða að 9 km dýpi (Ari Tryggvason o.fl., 2002). Þetta hraðafrávik er talin afleiðing af hræringu súperkrítískts vökva í sprungustykki Hengilsins (>400 °C). Ef rétt reynist, leiðir þessi niðurstaða til þess að stærð jarðhitakerfisins undir Hengli er meiri en reiknast í 2-3 km þykku líkani. Sjálfsögð varúðarráðstöfun er samt að láta ekki reiknilíkanið ná niður fyrir það dýpi sem gögn ná til. Ef boraðar verða mjög djúpar holur í slík kerfi fæst e.t.v. staðfest hvort gosbeltin geyma enn stærri orkuforða en nú er almennt talið.

Þá ber að nefna hér kenningar um að lítið kvikuinnskot hafi fylgt umbrotunum í Hengli árin 1994 til 2000 (Freysteinn Sigmundsson o.fl., 1997; Feigl o.fl., 2000) Ef rétt reynist er þetta athyglisvert fyrirbæri og leiðir til þeirrar ályktunar að líta megi á Hengilseldstöðina sem endurnýjanlegt orkukerfi. Það fær þá reglulega í sig varma- og kvikuinnskot í umbrotum sem verður til þess að jarðhitavirknin viðhelst og endurnýjast svo mörgum mannsöldrum skiptir.

### 3. SAGA HERMIREIKNINGA Á NESJAVÖLLUM

Saga hermireikninga á Nesjavöllum er orðin löng og viðburðarík. Hitaveita Reykjavíkur lét upphaflega þróa reiknilíkan af Nesjavallasvæðinu samhliða vinnsluborunum. Var það að jafnaði haft til hliðsjónar þegar teknar voru ákvarðanir um byggingu og viðbætur í orkuverinu, svo og hvernig best væri að reka borsvæðið. Þessir líkanreikningar voru upphaflega gerðir af Guðmundi Böðvarssyni vestur í Kaliforníu, en frá árinu 2000 hafa þeir verið að fullu unnir á Íslandi.

Fyrsta útgáfa reiknilíkans Nesjavalla var unnin milli 1984 og 1987. Það líkan var þrívítt, samsett úr 4 láréttum lögum sem þöktu 12x12 km flöt kringum Nesjavelli. Líkanið var kvarðað að upphafsþrýstingi í nokkrum holum og að mjög stuttri vinnslusögu. Spár gerðar með líkaninu gáfur til kynna að án niðurdælingar myndi Nesjavallasvæðið standa undir ígildi 300 MW heitavatnsvinnslu í 30 ár og að auka mætti hana í 400 MW með niðurdælingu (Guðmundur Böðvarsson o.fl., 1990a og 1990b).

Síðan kemur í ljós að lækkun þrýstings á Nesjavöllum varð ekki jafnhröð og ætla mátti af fyrstu árum vinnslusögunnar. Frammistaða vinnsluholna reyndist hins vegar í ágætis samræmi við spárnar frá 1987. Því var ráðist í að endurkvarða líkanið árið 1992. Ekki var þörf á miklum breytingum á líkaninu, fyrir utan að botnlag þess var víkkað úr 12x12 km í 100x100 km flatarmál. Eins var fjarlekt líkansins aukin til að herma mætti hinn hæga þrýstiniðurdrátt. Sá þrýstistuðningur sem af hlaust leiddi síðan til þess að áætluð vinnslugeta svæðisins jókst úr ígildi 300 MW heitavatnsvinnslu í 400 MW án niðurdælingar (Guðmundur Böðvarsson, 1993).

Árið 1998 var lokið við að endurkvarða Nesjavallalíkanið á nýjan leik, að þessu sinni í tengslum við breytingar á orkuverinu sem leyfðu rafmagnsframleiðslu samhliða heitavatnsvinnslunni. Sú vinna leiddi í ljós að líkaninu frá 1992 hafði tekist að spá með ágætum þeirri vinnslusögu sem safnaðist milli 1992 og 1998. Smábreytinga var þó þörf, einkum í lekt og poruhluta borsvæðisins. Í framhaldinu var því spáð að svæðið stæði ágætlega undir 60 MW raforkuvinnslu og 200 MW varmavinnslu næstu 30 árin, að því gefnu að boraðar yrðu 4 viðbótarholur. Eins að kólnunar kynni að gæta í jaðarholum eftir því sem tímar liðu fram (Guðmundur Böðvarsson, 1998).

Enn var farið í líkanreikninga milli 1999 og 2000, að þessu sinni með það að markmiði að kanna fýsileika þess að stækka orkuverið á Nesjavöllum í 90 MW rafmagns og 300 MW varma. Borun tveggja nýrra holna syðst í svæðinu gaf ástæðu til ákveðinnar bjartsýni auk þess sem aðstæður á íslenskum raforkumarkaði voru jarðhitavirkjunum hagfelldar. Líkaninu var fyrst breytt þannig að öll lög þess náðu út í 100x100 km, það gert þéttara kringum nýjar borholur og nýjum upplýsingum bætt við þær eldri. Niðurstaðan varð að stækkun raforkuversins í 90 MW væri vel möguleg, en að búast ætti við kælingu holna á svæðisjöðrum eftir því sem fram liði. Því væri eðlilegt að gera ráð fyrir einhverri dölun í rafmagnsframleiðslu seint á spátímanum, en að mikil orka byggji enn sem áður í Nesjavöllum til heitavatnsframleiðslu langt fram yfir þau 30 ár sem spár náðu yfir (Grímur Björnsson o.fl., 2000). Þá telst óvenjulegt í þessari spá að niðurdæling skiljuvatns ofan í jarðhitakerfið var ekki ráðlögð. Annars vegar sökum þess að jaðrar svæðisins skila inn heitari vökva en kemur frá niðurdælingunni, en hins vegar sökum þess að aukið þrýstifall í jarðhitageyminum skilar hlutfallslega meiri háþrýstigufu úr borholum, flæði sem rafmagnsvélar orkuversins þurfa nauðsynlega til að skila fullum afköstum.



Rétt er að taka fram að öll ofangreind Nesjavallalíkon nota reikniverkið TOUGH2 eða forvera þess, MULKOM, til líkansmiðanna (Pruess, 1992; Pruess et al., 1999). TOUGH2 forritið nýtur sem stendur mikillar virðingar meðal þeirra sem rannsaka margfasa og margþátta flæði vökva gegnum hálf- og fullvatnsmettaða jörð. Til að mynda er það í fararbroddi rannsókna Bandaríkjamanna á því hvernig best verði staðið að geymslu kjarnorkuúrgangs í árbúsundir neðanjarðar. Reiknilíkon Nesjavalla byggja öll á ástandsjöfnu 1 í TOUGH2 (EOS1) þar sem hreint vatn og/eða gufa fylla porur bergsins í líkaninu. Notað er svokallað porulíkan (single porosity). Framan af sögu hermireikninganna var kvörðun líkanstærða unnin handvirk, en árið 2000 varð mikil bylting þegar sjálfleitandi útgáfa TOUGH forritsins, iTOUGH2, komst í gagnid á Orkustofnun (Finsterle, 1999).

## 4. LÝSING NÝJA HENGILSLÍKANSINS

Það reiknilíkan sem kynnt er í þessari skýrslu hefur verið unnið með hléum allt frá haustinu 2001 að hrafnaþingið var haldið í rafveituheimilinu við Elliðaár. Þó svo að skýrslan snúist fyrst og fremst um núverandi gerð líkansins, er óhjákvæmilegt annað en að gera í nokkru grein fyrir áföngum í verkinu. Kaflinn mun því hefjast með lýsingu fyrri verkáfanga og afurða þeirra, en síðan verður tekið til við að lýsa líkaninu eins og það stendur nú.

### 4.1. Fyrri verkáfangar

Nokkrar greinargerðir liggja nú fyrir um verkáfanga við gerð líkansins af Hengils-svæðinu. Fyrsta greinargerðin kom í nóvember 2001 (Arnar Hjartarson o.fl., 2001a). Þar er kynnt sú ákvörðun líkansmiða að hverfa frá því að þróa tvö aðgreind líkon af Nesjavöllum og Hellisheiði, heldur stefna frekar að gerð eins víðáttumikils líkans sem gæti hermt sem flestar upplýsingar um jarðhitann á þessum slóðum. Kubbaskipting er gerð með forritinu Amesh (Haukwa, 1998), og byggir á 7 láréttum lögum sem þekja 100x100 km. Var Amesh leiðin valin sökum sveigjanleika þegar kemur að því að þetta kubbaskiptingu líkansins þar sem nýjar holur eru boraðar o.s.frv.

Aftur var birt greinargerð í desember 2001 þar sem staða hermireikninganna er reifuð (Arnar Hjartarson o.fl., 2001b). Hafði orðið á milli sú breyting að lögum líkansins var fjölgað úr 7 í 8. Er nýja lagið sett inn til að herma betur gufupúða sem talinn er vera til staðar undir Henglinum, sunnan Nesjavalla. Á þessari stundu var fjöldi líkankubba orðin ríflega 4000. Bergeiginleikar gamla Nesjavallalíkansins voru felldir inn í það nýja, og þeir jafnframt speglaðir til suðurs, yfir Hengilinn, á nýja borsvæðið á Hellisheiði. Olli hér að upplýsingar um jarðhitann á Hellisheiði voru af mjög skornum skammti, utan að gossprungur voru þær sömu og á Nesjavöllum. Þótti speglunin því hvoru tveggja ásættanleg og eðlileg sem fyrsta skref í hermun jarðhitans á Hellisheiði.

Um þessar mundir höfðu hlutir snúist þannig að Orkuveita Reykjavíkur óskaði eftir því að slakað yrði á líkanþróuninni Hellisheiðarmegin, og áherslan sett í staðinn á að láta Nesjavallahluta líkansins herma sem best ný gögn þaðan. Kanna síðan í kjölfarið áhrif þess að orkuver Nesjavalla yrði stækkað úr 90 í 120 MW rafmagns. Sökum naums tímaramma verksins, afréðu líkansmiðir að beina vinnu sinni í það að setja upp það umhverfi sem var nauðsynlegt til að sjálfkvörðun iTOUGH2 reikniverksins gæti hamast á líkaninu nótt sem nýtan dag, og með 26 tölum samtímis. Stóð á endum að unnt var að

skila niðurstöðum í lok júní 2002, rétt um það leyti sem Orkuveita Reykjavíkur tilkynnti stækkunina (Grímur Björnsson o.fl, 2002).

Líkanið frá í júní 2002 spáði því að ekki yrði mikill munur á innra ástandi jarðhitageymisins á Nesjavöllum eftir því hvort tekin yrðu þar upp ígildi 90 eða 120 MW rafmangsframleiðslu. Borkostnaður stærri áfangans kæmi því helst til við gangsetningu hans, en kostnaður við borun viðhaldsholna yrði svo ámóta í báðum tilvikum. Þetta líkan hafði hins vegar þann ágalla að vera kvarðað með sjálfvirkum aðferðum. Það leiddi á stundum til þess að örfáar mælingar hins víðfeðma gagnasafns, sem kvarða líkanið, hermdust illa eða ekki. Eins þóttu rannsóknirnar á Hellsisheiði of skammt komnar til að nota mætti þær við gerð hugmyndalíkans, hvað þá nákvæms reiknilíkans. Þessir tveir þættir samanlagt settu ákveðinn bráðabirgðablæ á reiknilíkanið og þótti alveg dagljóst að enn væri nokkuð í land að tekist hefði að ná þeim áfanga að eitt og sama reiknilíkanið hermdi sem flest gögn jarðhitans í Hengli.

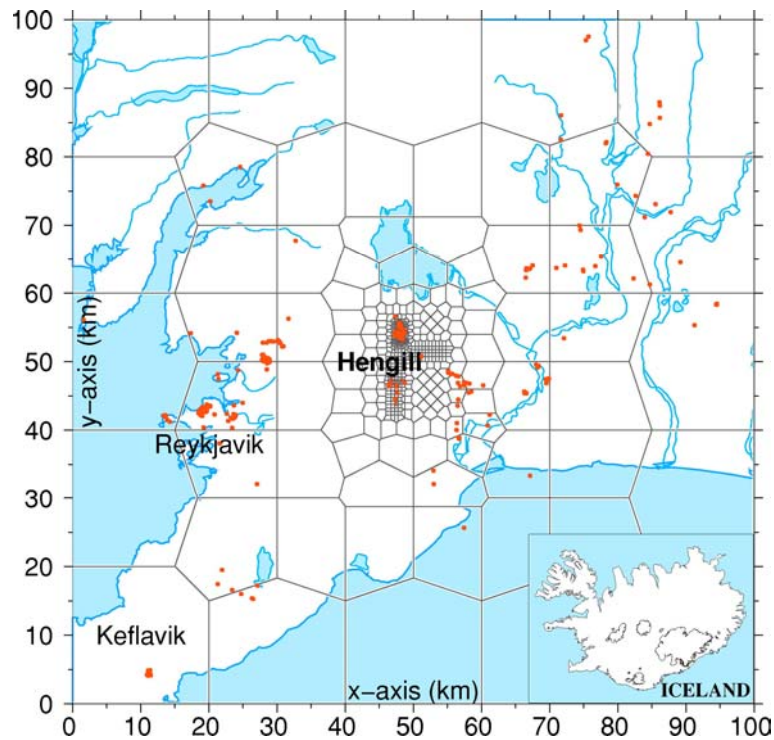
Sumarið 2002 og fram á vetur 2002-2003 er síðan bæði borað og unnið úr gögnum frá nýjum holum á Hellsisheiði jafnframt því sem sýnt þótti að forsendan um speglun bergeiginleika Nesjavalla yfir á Hellsisheiði gat ekki staðist. Eins tókst að sýna fram á með mælingum í blásandi holum að hiti á Hellsisheiði er viðsnúinn. Leiddi það til tilgátunnar um að kaldara vatn streymdi djúpt úr suðri að uppstreymi Hengils, hitnaði, stigi upp og rynni síðan mun heitara á ný til suðurs. Frá þessu er skýrt í greinargerð í apríl 2003 (Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson, 2003). Eins vaknaði grunur um Bitrusprunguna á sama tíma. Síritar skiluðu einnig upplýsingum um blástur holna og hvernig þrýstingur breyttist á Kolviðarhóli við að hola HE-5 blés. Þá hafði stórtölva Orkustofnunar og ÍSOR, Sleggjan, verið uppfærð að 50 örgjörvum og reikniaflið þannig þre- eða fjórfaldað. Má segja að fyrst á þessum tíma hafi verið komin í hús þau gögn og tölvuafli sem nauðsynleg mátti kalla til að hefja mætti af krafti kvörðun líkanstærða á Hellsisheiði.

Á sama tíma var gerð grein fyrir þeim fjölmörgu forritum og skeljum sem þurfti að skrifa til stuðnings reiknilíkaninu. Má fyrst nefna greinargerð um það hvernig hægt er að fjölga líkanbútum og elta þá breytingu gegnum fjöldann allan af Unix skeljum og forritum uns breytingin stekkur fram fullsköpuð í inntaksskrá iTOUGH2 forritsins (Arnar Hjartarson, 2002). Þó svo að þetta ferli kunni að þykja flókið við fyrstu sýn, er það alger forsenda þess að kubbaskipting reiknilíkansins er nú bæði sveigjanleg og rekjanleg. Og er full ástæða til, því ekki er ólíklegt að þessi hluti líkanvinnunnar fari að nálgast heilt ársverk. Þá ber einnig að nefna greinargerðina um það hvernig er hægt að teikna hita og þrýsting í plönum og sniðum, og er að baki myndum 3 til 12 í þessari skýrslu (Arnar Hjartarson og Grímur Björnsson, 2003). Loks kom í lok maí 2003 greinargerð um spár fyrir Nesjavallahluta líkansins. Þar kom fram að spárnar frá árinu 2002 stæðust (Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson, 2003).

Síðast en ekki síst er rétt að geta þess hér að ráðstefna stórnotenda TOUGH2 forritsins, sem haldin var í Berkeley í Kaliforníu í maí 2003, óskaði eftir erindi um reiknilíkanið í Hengli og gerð þess. Var orðið við þeirri beiðni, ekki síst sökum þess að innsenda greinin fékk þann heiður að opna ráðstefnuna (Grímur Björnsson o.fl., 2003). Er það vonandi til marks um að sú vinna sem hér er kynnt standist alþjóðlegan samanburð.

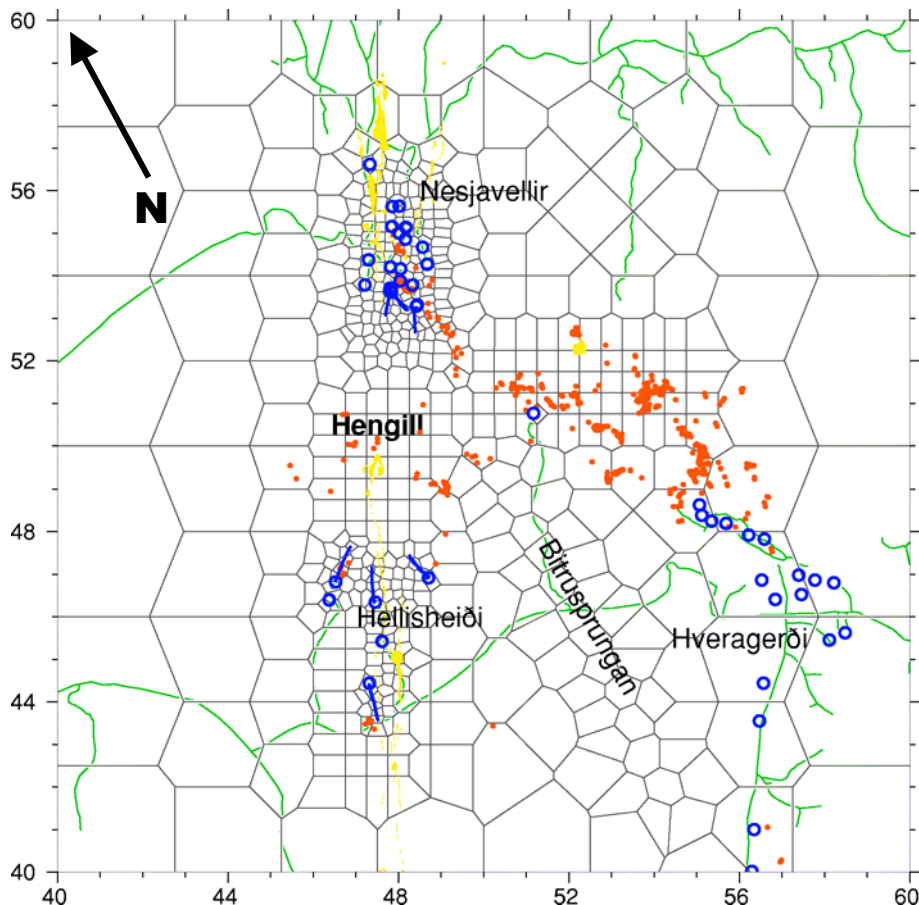
## 4.2. Kubbaskipting nýja líkansins

Kubbaskipting nýja líkansins er miðuð við þá heildarmynd sem hugmyndalíkanið gefur til kynna. Mynd 16 sýnir hvernig kubbaskiptingin lítur út í afstöðu við landakortið. Sem áður getur spannar líkanið 100x100 km flöt. Ystu kubbarnir eru af ásettu ráði hafðir mjög stórir og gegna því hlutverki einu að skapa þau randskilyrði sem eru talin lýsa best hita- og þrýstiástandi svo langt frá gosbeltinu. Eftir því sem innar dregur verður skiptingin hins vegar finni, enda ástæða til þar sem þekkingin er mest. Á það einkum við um sjálft gosbelti Hengilsins. Einnig var afráðið að hafa skiptinguna þetta um meint þverbelti yfir til Ölkelduháls, þar sem er að finna mikinn jarðhita á yfirborði. Líkaninu er snúið langs eftir sprungustefnu Hengilsins og hnitakerfi þess sett með núllpunkt vestur á Reykjanesskaga.



**Mynd 16:** Útlit kubbalíkansins af Hengli. Möskvarnir á myndinni svara til kubbaskiptingarinnar en rauðar doppur eru borholur. Vötn eru í ljósbláu.

Mynd 17 sýnir kubbaskiptingu í innri hluta reiknilíkansins. Aftur koma hér tveir meginþættir hugmyndalíkansins fram í þéttari kubbaskiptingu, þ.e. eftir og þvert á gosbeltið. Eins sýnir myndin Bitrusprunguna sem þéttara kubbanet á ská niður til hægra horns myndarinnar. Ferill skáholna sést sem blá lína út frá holutoppi. Var rækt lögð við að þetta kubbaskiptinguna þannig að allar holuæðar væru skilgreindar á sem næst réttum stað í rúminu og í sem minnstum líkankubbum. Því til viðbótar var kubbaskipting höfð þétt á Hellisheiði, sunnan Skarðsmýrarfjalls og eftir gossprungunum ungu. Stafar það af því að gossprungurnar virka nú um stundir sem vænlegir staðir fyrir meiri boranir og verður nýjum holum í spáreikningum mjög dreift um þetta svæði.



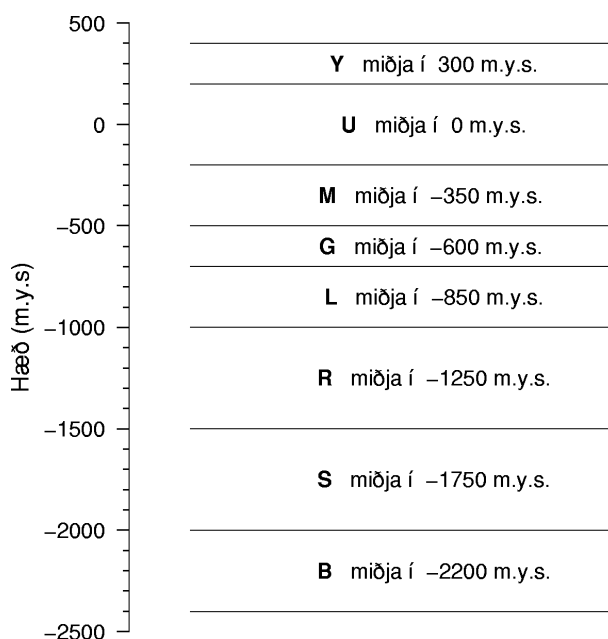
**Mynd 17:** Kubbaskipting í innri hluta Hengilslíkansins. Vegir eru í grænu, borholur í bláu, ungar gossprungur í gulu og jarðhiti á yfirborði í rauðu.

Í núverandi útgáfu reiknilíkansins eru nákvæmlega 5.100 kubbar, þar af eru 3.778 kubbar virkir (innra ástand breytist með tímanum). Milli þessa fjölda liggja alls 18.357 tengingar. Líkanið er porulíkan (single porosity) og vökvinn í því er ýmist hreint vatn eða gufa án uppleystra efna eða gastegunda (EOS1 í TOUGH2). Þá hafa verið skilgreindir 485 staðir í líkaninu þar sem varmi eða massi er að streyma úr eða í kubba (generation points). Af þessum fjölda eru æðar í borholum líklega farnar að nálgast hundraðið.



### 4.3. Lagskipting reiknilíkansins

Sem fyrr greinir eru 8 lög skilgreind í reiknilíkaninu af Hengli. Kubbadreifing innan laganna er nákvæmlega sú sama en þykkt aftur á móti mismikil. Þetta er sýnt nánar á mynd 18. Lagskiptingin er að nokkru arfur frá gömlu Nesjavallalíkönunum. Til að mynda eru lög U og L alveg eins og þar. Dýpsta lag gömlu líkananna, R, var áður 800 m þykkt, en er nú orðið tvískipt í R og S þar sem hvort er 500 m þykkt. Neðst í líkaninu er svo komið lag B, sem er nánast þétt. Sama er uppi á teningnum með lag Y, sem er í þaki líkansins og er ætlað að endurspeglar nánast fastan hita og þrýsting í yfirborði. Lag G var áður 100 m þykkt en er nú orðið 200 m þykkt, meðan lag M hefur á móti þunnst úr 400 m í 300. Þessi breyting á rætur að rekja til tölfræði. Það fer semsé betur reikningslega að hafa ámóta lagþykkir á því dýptarbili sem holar spanna og vinna vatn úr.



Mynd 18: Lagskipting Hengilslíkansins.

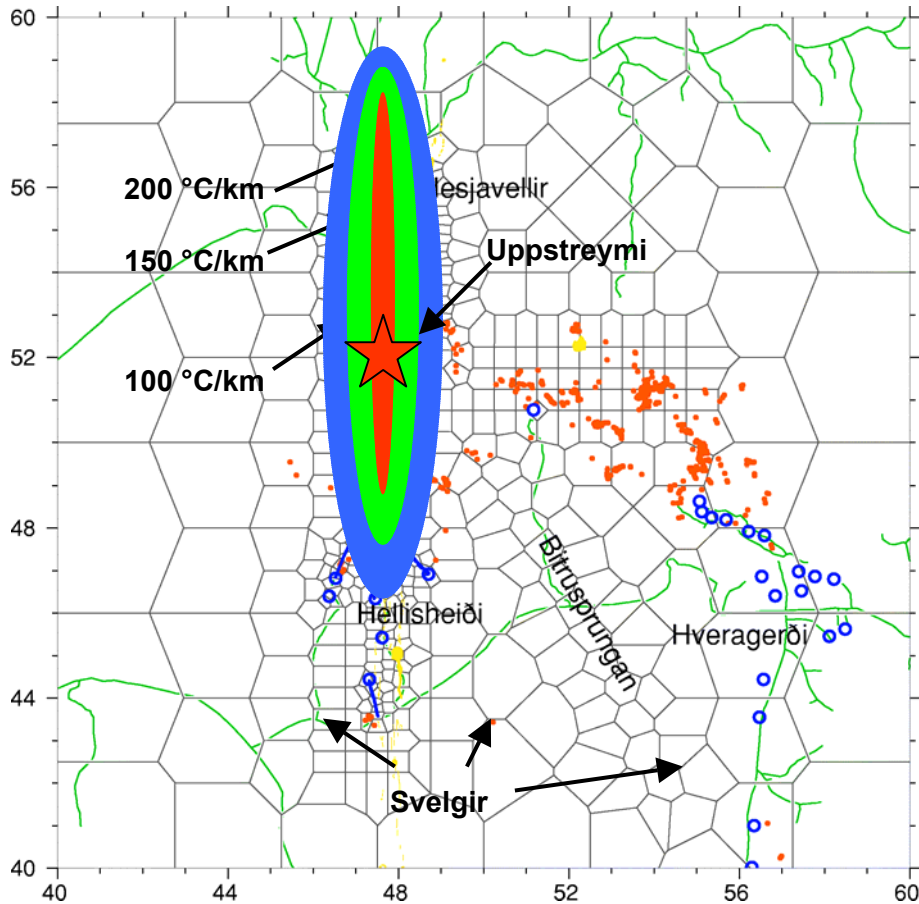
### 4.4. Randskilyrði

Mikilvægur verkhluti í gerð reiknilíkansins fólst í skilgreiningu þeirra randskilyrða sem talin eru vera til staðar á Hengilssvæðinu. Þau eru þessi helst:

- Hitastigull á ystu líkanjöðrum var settur nákvæmlega 100 °C/km. Þar sem U lagið er með efra borð í 200 m y.s., og meðalárshitinn er ~5 °C telst miðja þess t.d. 25 °C heit. Eins verður botnhitinn í B laginu 245 °C.
- Hægt er að skilgreina óvirka kubba í TOUGH reikningum, sem merkir að hiti þeirra og þrýstingur helst fastur og sá sami á öllum tímum (steady-state). Var botnlagið (B) þannig sett í 245 °C alls staðar meðan topplagið (Y) er 5 °C. Ysti hluti U lagsins er líka óvirkur og svarar til svæða utan hálendis Hengilsins. Innri hluti U lagsins er aftur á móti virkur og ofan þess tekur Y lagið við hlutverki yfirborðsins.

- Þá voru nyrsta og syðsta kubbaröð líkansins í lagi S gerðar að breytum í sjálfleit líkanstærða, með það að markmiði að kanna hvort munur í landhæð endurspeglar í djúpþrýstingi. Varð samt endinn sá að þessi þrýstigildi voru stillt handvirkt, í 155 bör í suðri en 165 bör í norðri. Hinir kubbarir á ystu jöðrunum máttu breyta sér í þrýstingi til samræmis við þessi tvö gildi, meðan séð var til þess með óendanlega hárrí varmarýmd bergsins á jöðrunum að hitinn væri ætíð í samræmi við 100 °C/km stigulinn.
- Verulegu máli skiptir að vökvi geti sloppið út úr reiknilíkaninu. Að hluta gerist það til lágþrýsta jaðarsins djúpt í suðri. Eins á sér stað talsvert rennsli út um þrýstistýrða svelgi (productivity indices). Í þeim verður útrennslið því meira sem munur er meiri á svelgþrýstingnum og þrýstingi líkankubbsins sem hann tengist. Svelgir voru settir í líkanið þar sem grunur lék á að jarðhiti slyppi til yfirborðs. Slíkir ventlar eru syðst á Helligshéiði og í Bitrusprungunni.
- Búinn var til varmastraumur inn í S lagið í gosbelti Hengilsins. Var hann í upphafi settur til samræmis við 100 °C/km, 150 og 200 °C/km viðbótarstiguls frá ytri hluta gosbeltisins til miðjunnar við gossprungurnar ungu. Þessar stærðir voru jafnframt skilgreindar sem óþekktar í sjálfleitinni og fengu gælunafnið “prímusarnir”. Mátti hækka í þeim eða lækka sem lið í að herma upphafshita djúpt á Nesjavöllum og á Helligshéiði.
- Þá voru tvö kælisvæði skilgreind á Nesjavöllum, annað eftir Kýrdalshrygg en hitt sunnan við holu NJ-14. Er það fyrra haft til að nálga áhrif af flæði kalds vatns sem talið er eiga sér stað til norðurs vestan við Kýrdal. Kælisvæðinu við holu 14 er hins vegar ætlað að nálga að á þeim slóðum er jarðhitakerfið að tapa út gufu. Suðan kemur frá þrýstifalli og fylgir henni óhjákvæmilega kæling. Rétt er að ítreka að í líkaninu er eingöngu gert ráð fyrir varmatapi á þessum stöðum en engu massatapi.
- Loks er látið eiga sér stað uppstreymi heits vökva undir miðjum Henglinum. Það hefur ferð sína í S laginu.

Ofangreind jaðarskilyrði eru sýnd á einfaldan hátt á mynd 19. Staðsetning þeirra er ónákvæm (rissuð inn á myndina) en ætti samt að sýna hvernig viðfangsefnið er nálgað í líkaninu.



**Mynd 19:** Ýmis jaðarskilyrði í Hengilslíkani. Tölur með hitastigli ( $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ) vísa til “*prímusa*” sem dæla varma með leiðni inn í botnlag líkansins.

#### 4.5. Lýsing borholna í reikniverki TOUGH2

Mikilvægur þáttur í uppsetningu líkans eins og þess í Hengli, er að skilgreina vinnslu úr borholum, og kvarða síðan saman mælt og reiknað heildarrennsli og vermi. Nú er það svo að þrýstingur fellur oft í jarðhitakerfum við vinnslu. Hins vegar eru holurnar látnar blása við tiltölulega stöðugan toppþrýsting. Í mörgum tilfellum verður það einnig til þess að þrýstingur niðri í holunum, við æðar, breytist hægt. Ef þrýstimunur holu og bergs minnkar sökum niðurdráttar í jarðhitakerfinu, minnkar þar með einnig löngun vatnsins úti í jarðhitageyminum til að koma inn í holuna. Hefur um langa hríð verið látið nægja í TOUGH2 líkönum að lýsa rennsli milli æðar og holur sem margfeldinu:

$$m = PI \cdot \text{hreyfanleiki} \cdot (P_{\text{líkan}} - P_{\text{holubotn}})$$

þar sem  $m$  er rennslið (kg/s), hreyfanleikinn er háður rúmmálshluta gufu, eðlisþyngd og seigju,  $P_{\text{líkan}}$  er þrýstingurinn í kubbnum sem holuæðin tengist og  $P_{\text{holubotn}}$  er þrýstingur í holubotni. Þessi nálgun er einnig notuð í Hengilslíkaninu. Síðan er líkansmiða að ákvarða gildi fyrir vinnslustuðul æðarinnar,  $PI$ , uns reiknað rennsli úr holu verði sem líkast því mældu, svo og vermið.

Ekki var nóg með að skilgreina þyrfti vinnslustuðlana, heldur var tíðum farið inn í sjálfan Fortran kóða iTOUGH2 og skilgreint þar hvenær hola fór í blástur eða slökkt var á henni ( $\tau_{2f} \cdot f$ ). Slíkt er ekki mögulegt enn í inntaksskrám TOUGH2.

Loks var skrifað snoturt Fortran forrit, `wellmesh.f`, til að finskipta þeim líkankubbum sem æðar tengdust. Er um þrískiptingu að ræða þar sem innsti búturinn, og sá sem unnið er úr, er 10 m í radíus, sá næsti 40 m í radíus. Yst kemur sjálf móðirin, þ.e. kubburinn sem var skilgreindur með Amesh í upphafi reikninga. Wellmesh forritið sér um að bæta við tveimur línur í ELEME hluta TOUGH2 inntaksins, tveimur láréttum tengingum í CONNE þættinum og loks er séð til þess að upphafsástand nýju búta verði það saman og móðurinnar (INCON). Þessi þrískipting er nauðsynleg til að hægt sé að líkja betur eftir hröðum láréttum þrýstibreytingum næst holum í blæstri (discretization).

#### 4.6. Hlutlektir vatns og gufu

Alþekkt er í tvífasa rennsli vatns og gufu í bergi, að fasarnir tveir slást um sama þver-skurðarflatarmálið og að sú samkeppni hefur áhrif á þrýstinginn. Gert er ráð fyrir þessari hegðun í TOUGH2 forritinu. Þýður það upp á að nota alls kyns afbrigði hlutlektar eftir smekk og hag hvers og eins. Hér verður áfram notuð sama líking og í eldri Nesjavalla-líkönnum, þ.e. gufan er óhreifanleg upp að 5 % rúmmálshluta en vatnsfasinn festist hins vegar þegar vatnsmettunin fer niður fyrir 40 % (X-curves). Línurnar að neðan sýna hvernig þetta er skilgreint í inntaksskrám. Hárpípukraftar eru hins vegar látnir fylgja sjálfgefnu stærðum í TOUGH2. Reyndar er óvíst að þeir skipti máli þegar vökvinn er jafnheitur og hér.

RPCAP

1	.40	0.05	1.00	0.60
1		1.		

### 5. KVÖRÐUN REIKNILÍKANSINS

#### 5.1. Vinnulag

Óhætt er að fullyrða að tilkoma iTOUGH2 reikniverksins hefur valdið stökki fram á við í kvörðun á jafnstóru reiknilíkani og því sem nú er til staðar af Hengilssvæðinu. Til að gera langa sögu stutta er hér tæpt á þeim atriðum sem helst valda því, auk þess sem almennt er lýst hvernig staðið var að kvörðun líkansins og uppsetningu í tölvukerfum Orkustofnununar og ÍSOR.

- Öll gögn sem til stendur að herma eru flutt inn í reikniverk iTOUGH2. Slíkt er til mikilla þæginda þegar gagnasafnið er jafn stórt og í tilfalli Hengils.
- Leit að besta setti líkanstærða er sjálfvirk og tekur tillit til allra gagnanna samtímis sem getið er í inntaksskrá. Leitartæknin byggir á summu kvaðrata mældra og reiknaðra gilda, deilt með staðalfráviki (objectivity function), svo og aðferðum línulegrar algebru.
- Unnt var að stjórna áhrifum einstakra gagnasetta í sjálfleitinni með því að skilgreina nákvæmni þeirra ýmist mikla (mikil áhrif) eða litla (lítill áhrif). Eins fékkst tölulegt mat á nákvæmni metinna stærða og innbyrðis tengsl.
- Upphafsástand og vinnslusaga eru reiknuð í einni og sömu keyrslunni. Reikningar eru látnir hefjast fyrir 200 þúsund árum. Fylgst er með lengd



tímaskrefa. Þegar þau nálgast að vera 1000 ár telst upphafsástandið komið (1. janúar 1975). Reikningar halda því næst áfram inn í vinnslusöguna. Mikið hagræði er af þessu og ætti að auka áreiðanleika líkansins.

- Þróaðar hafa verið tvær inntaksskrár fyrir reikningana. Heitir önnur einfaldlega “input” og geymir þær stærðir sem þarf til að gera eina framkeyrslu með TOUGH2 reikniverkinu. Hin er kölluð “inputI” og geymir upplýsingar sem iTOUGH2 forritið þarf til að framkvæma leit að líkanstærðum auk þess að innihalda öll mældu gögnin. Er input skráin 35 þúsund línur en inputI um 7 þúsund línur.
- Allar keyrslur eru gerðar á tölvuækinu “Sleggjan”, nú 50 örgjörva vél með 700 GB diskaplássi og uppsett með Linux stýrikerfi. Þær eru gerðar á svæðinu /home/finster/hengill/vinnsla og undir því eru möppur sem geyma eina keyrslu hver. Fortran skrár iTOUGH2 pakkans eru hins vegar á slóðinni /home/finster/itough2. Notaður er fortran þýðandi frá Portland Group.
- Keyrt er með skipuninni: `it2 inputI input 1 &`
- Í reikningum gerðum árið 2002 var leyfð talsverð spönn í mögulegum gildum líkanstærða sem átti að ákvarða, og þá einna helst hjá lektunum (máttu flakka frá  $10^{-18}$  upp í  $10^{-12}$  m<sup>2</sup>). Nú árið 2003 voru hins vegar settar verulegar skorður á lektirnar. Utan til í líkaninu urður þær að halda sér milli 1 og 10 mD, á borsvæðum frá 5 og upp í 50 mD og loks var þeim leyft að fara hæst í tæp 300 mD í sprungusvæðum eins og til að mynda í Kýrdalsprungunni.
- Þegar reikningar hófust að nýju árið 2003 reyndist höfundum hollt að verja rúmum mánuði í framkeyrslur (forward modeling) þar sem aðeins örfáum líkanstærðum var breytt milli keyrslna. Var þannig skoðuð næmni þeirra og hvernig hún passaði við hugmyndalíkanið. Leiddi þetta á stundum til þess að gerðar voru breytingar í dreifingu bergeiginleika.
- Að lokum var sjálfleitinni síðan beitt af krafti. Fengust þá á köflum merkilega miklar framfarir í samræmi mældra og reiknaðra gilda, og þá einkum innan borsvæðis Nesjavalla. Fer þar saman mikið af mælingum og mælistærðum sem reikniverk iTOUGH2 sýndi algera yfirburði í að herma, miðað við mannsheilann. Líkaneiginleikar á svæðum þar sem mæld gögn voru ekki til staðar reyndist hins vegar betra að eiga við með framkeyrslum eingöngu.
- Einstakar framkeyrslur tóku 10-15 mínútur á hröðustu örgjörvum Sleggjunnar, meðan að sjálfleit sem innifól 3-5 ítranir stóð í 5-10 klukkustundir á örgjörvunum 50.
- Á síðustu stigum líkankvörðunarinnar var iTOUGH2 látinn ákvarða 66 eiginleika. Samtals kröfðust þá 5 ítranir a.m.k. 66x5 eða vel yfir 350 örgjörva-keyrslna.
- Að keyrslu lokinni var síðan skoðað á HP-Unix vélum Orkustofnunar og ÍSOR hvernig til hefði tekist, en á þeim eru teiknigræjur sem hannaðar hafa verið til þessa. Flestar eru þær á svæðinu /ffr/hengill/skeljar.grb og heita þær 3 helstu teikna.pts, draw.wells og draw.histories.

Enginn vafi er á að það verkefni sem hér er lýst hefði verið óframkvæmanlegt fyrir 2-4 árum, sökum umfangs og skorts á tölvuafli. En tímarnir breytast og er óhætt að segja að í framtíðinni verði reiknilíkön í háhita enn stærri en hér er lýst.

Tafla 1 sýnir hvernig iTOUGH2 forritið ákvarðaði þá 66 eiginleika Hengilslíkansins sem óskað var eftir. Þeir fengust við keyrslu sem er geymd á sleggjusvæðinu /home/finster/hengill/vinnsla/mai28e og verður hún hér eftir kölluð “*besta líkanið*”. Ekki er farið í það hér að útskýra í smáatriðum talnafrumskóginn í töflunni, utan að benda á að skilað er mati á staðalfráviki þeirra gilda sem iTOUGH2 ákvarðaði. Virðist það í flestum tilvikum talsvert lægra en stærðin sem sjálfleitin ákvarðaði sem kann að vera til vitnis um að lausnin sé sæmilega stöðug. Hins vegar er hér um sleipt svell að fara fyrir skýrsluhöfunda og hætta á rangtúlkunum. Hvað um það er víst að sú tölfræði sem iTOUGH2 skilar um reiknilíkanið af Hengli morar í viðbótarupplýsingum um næmni og tengsl stærða sem gæti verið ástæða til að kanna betur síðar meir.

## 5.2. Bergeiginleikar

Viðauki A sýnir hvaða eiginleikar komu á bergtegundirnar í sjálfskölun Hengilslíkansins (besta líkanið). Viðaukar B, C, D og E sýna hins vegar hvernig lektir dreifast um líkanið í smáum sem stórum lengdarsköllum. Einnig er að sjá á þessum myndum holustaðsetningar og hvar varma- og massastreymi hefur verið skilgreint í einstökum kubbum líkansins. Þá eru holur sýndar og slóð þeirra ef borað var á ská.

Ef athyglinni er fyrst beint að bergeiginleikum í viðauka A, má draga saman eftirfarandi lýsingu á því hvernig þeir enduðu í sjálfleit iTOUGH2.

- Eðlisþyngd bergsins er alltaf sú sama,  $2650 \text{ kg/m}^3$ .
- Varmaleiðni er alltaf sú sama í öllum berggerðum (2.1-2.2  $\text{W/m}^\circ\text{C}$ ) nema í bergeiginleikum HELL3 og HELL4. Þessar berggerðir mynda þak líkansins á norðurhluta Nesjavalla í lögum U og M (sjá fyrstu tvær myndirnar í viðauka D). Þarna er lekt sett mjög lág til samræmis við að hér er á ferð þakberg jarðhitakerfisins. Hins vegar eru köld grunnvatnskerfi líka að leik þarna, a.m.k. í lagi U, og valda þar meiri kælingu en stafar af varmaleiðni einni saman. Við þessu er brugðist með því að auka varmaleiðni bergsins. Er það reikningslega ígildi þess að kalda grunnvatnskerfið færast nær jarðhitakerfinu því varmatap með leiðni eykst fjórfalt við þetta miðað við aðra hluta reiknilíkansins.
- Poruhluti er ætíð á bilinu 3-10 %. Hann var ekki gerður að leitarstærð í sjálfleitinni. Poruhlutinn er að sumu leyti illa skilgreint fyrirbæri í porulíkani, þar sem suða á sér stað. Þannig hefur á stundum reynst vel að lækka poruhlutann niður í 1 % næst háhitaholum sem blása við hátt gufuhlutfall. Á móti kemur hins vegar að rýmd og vatnsforði háhitasvæðanna kemur úr bergporunum. Því munu lág gildi á poruhluta leiða til vanmats á afkastagetunni. Þetta atriði er sérlega mikilvægt á Hellsheiði. Þar er jarðhitageymirinn hýstur í móbergi og túffi, efnum sem eru hiklaust með 20-40 % poruhluta. Sambærilegur jarðhitageymir væri gufupúðinn í Svartsengi, þar sem vinnslugeta hefur reynst mikil gegnum tíðina. Við þessum andstæðum í náttúrunni og í reikniverki TOUGH2, er brugðist einfaldlega með því að leyfa poruhlutunum hvorki að vera mjög lágum (<3 %) né mjög háum (>10 %). Hellsheiðin er til að mynda með 10 % poruhluta í núverandi gerð líkansins.

- Varmarýmd allra berggerðanna í viðauka A er ætíð sú sama, 1000 kJ/kg. Undan-tekningin er bergið úti á allra ysta jaðrinum, þar sem 100 °C/km hitastigulsforsendan ríkir (bergtegund JADAR). Hér er sá hitastigull skilgreindur sem upphafshiti, meðan að þrýstingur má breytast í samræmi við stillingar á upphafsþrýstingi nyrst og syðst í líkaninu. Upphafshita virku kubbanna á jaðrinum er hins vegar gert nánast ómögulegt að breytast sökum þess að varmarýmd þeirra er sett sem  $10^{50}$  J/kg/°C.
- Leitast var við að einfalda sem kostur var lektardreifinguna frá því sem var í 2002 útgáfunni af Hengilslíkaninu. Þannig var reynt að hafa sem allra flestar lektir einása (homogen) og möguleg spönn í sjálfleit var einnig takmörkuð.
- Slæm reynsla var af því að leyfa sjálfleitinni að finna lektir á bergi sem er utan borsvæða eða neðan þakbergs. Því voru lektir þar handstilltar að 5-10 mD (milli-Darcy) og ekki leyft að breytast í sjálfleitinni.
- Lægstu lektirnar í líkaninu er síðan að finna í þakbergi, ofan til í líkaninu svo og í óvirka B-botnlaginu sem eingöngu er haft með til að mynda randskilyrði fyrir botnhitann. Eru þær flestar innan við 1 mD (LOFTI, THAK2, HELL1, HELL3, GUFA3, HELL4, KYRGR).
- Næsti lektarflokkur, 1-5 mD, er í berginu rétt utan við sprungustykki Hengils. Var sjálfleitin látin um að ákvarða hana. Einkum koma hér í flokk berggerðir næst Nesjavallakerfinu. Þar er mikið til af gögnum til að skorða lektirnar, einkum þrýstisamgangur og jöfnun eftir blástur.
- Millilektir á bilinu 5-15 mD eru hins vegar fjölmargar og margar vinnsluholur tengjast þeim. Nú er komið inn í sjálf jarðhitakerfin. Sem dæmi fór talsverður tími í að snyrta lektardreifingu norðan Nesjavalla. Þar reyndist berghiti holu NJ-18 og hátt vermi holu NJ-16 mjög næm fyrir lektinni á norðurkantinum. Þurfti að lækka lektina mikið og á sama hátt auka varmaleiðni upp um botninn til að viðunandi hermun næðist fyrir þessi tvö gagnasett.
- Góðar lektir, á bilinu 15-30 mD, fara síðan heim og saman við innsta og heitasta hluta jarðhitakerfanna á Nesjavöllum og á Hellisheiði. Sökum góðs stuðnings frá mergð mælinga á Nesjavöllum, sýnist sem lektardreifing á Nesjavöllum sé orðin mjög vel skorðuð. Hins vegar er flókið að eiga við hana, einkum upp af stallinum í suðri, þar sem heitustu og gufuríkustu holurnar finnast. Er vafalaust mikill þrýstisamgangur á mikill milli holna þarna. Kann það að skýra hví mælt vermi er að stökkva á nokkurra mánaða fresti frá vatnsvermi í þurr-gufuvermi í sumum holnanna. Loks ber að geta þess að lekt á Hellisheiði lendir í þessum flokki, þ.e.a.s. 20 mD.
- Síðast ber að nefna berggerðir þar sem lekt er mjög há, eða á bilinu 30-150 mD. Hér kemur til að mynda austurjaðar Nesjavalla (AUSTR=45 mD). Verður að telja háa lekt þar sennilega sökum þess að klóríðbreytingar á Nesjavöllum benda eindregið til þess að vökvinn í jarðhitageyminum endurnýist austan frá. Þá lendir einnig í þessum flokki austasti hluti jarðlaga á Hellisheiði. Ekki er endilega víst að svo sé í raun þar, sökum þess að hola HE-3 er ein til skorðunar á líkangildum. Sigurvegarinn í lekt er svo Kýrdalssprungan á Nesjavöllum. Lekt hennar er 60 mD í lagi L og 140 mD í lögum R og S.

Rétt er að taka enn og aftur fram að reynsla líkansmiða varð til þess að mögulegum lektargildum voru settar skorður á þann veg að gert er ráð fyrir að lekt verði því lægri sem komið er fjær leku gossprungunum á Hengli. Var lektin yst þvinguð í bilið 1 til 10 mD. Sést vel af litarampi lektarinnar (úr köldu í heitt eftir því sem lekt vex) hvernig þessi reynsla er í raun studd af sjálfleitinni í innri hluta líkansins þar sem meiri spönn er leyfð í lekt (sjá t.d. viðauka C).

**Tafla 1: Kvörðun og gildi líkaneiginleika, fengin með iTOUGH2.**

ESTIMATED PARAMETER	V/L/F	ROCKS	PAR	INITIAL GUESS	BEST ESTIMATE	STAND. DEV.	STANDARD DEV.	STAND. DEV.	SENSIT.	SENSIT.
						A- PRIORI	MARGINAL	C/M	OUTPUT	OBJ.- FUNC.
PI_hellish	LOG10	HELL1	1	-0.10587E+02	-0.10683E+02	N/A	0.211E-02	0.186	136445.5	242.923
THAK2-xz	LOG10	THAK2	1	-0.15756E+02	-0.15831E+02	N/A	0.774E-02	0.041	253825.2	119.320
HSPR2-x	LOG10	HSPR2	1	-0.13649E+02	-0.13708E+02	N/A	0.561E-02	0.087	143652.4	435.080
KYRgr-xz	LOG10	KYRgr	1	-0.14820E+02	-0.14717E+02	N/A	0.805E-02	0.040	234242.3	102.752
SKEL1log2	LOG10	SKEL1+1	1	-0.14257E+02	-0.14278E+02	N/A	0.843E-02	0.397	23454.9	538.739
SKEL3-xz	LOG10	SKEL3	1	-0.14456E+02	-0.1461E+02	N/A	0.323E-01	0.019	126315.1	446.844
SKEL4-xz	LOG10	SKEL4	1	-0.14064E+02	-0.13953E+02	N/A	0.128E-01	0.047	127783.4	460.552
KRAGI-x-z	LOG10	KRAGI+1	1	-0.13729E+02	-0.1377E+02	N/A	0.308E-01	0.020	121070.6	448.671
Hell1-x	LOG10	HELL1	1	-0.15971E+02	-0.1577E+02	N/A	0.514E-01	0.013	137338.2	488.812
Hell1-z	LOG10	HELL1	3	-0.16586E+02	-0.1667E+02	N/A	0.222E-01	0.025	162361.8	430.920
GUFAl-x-z	LOG10	GUFAl	1	-0.13691E+02	-0.1374E+02	N/A	0.234E-01	0.026	117606.9	417.416
primus10	FACTOR	prm10	-1	0.11417E+01	0.101E+01	N/A	0.235E-01	0.150	1856.8	516.383
primus15	FACTOR	prm15	-1	0.11746E+01	0.121E+01	N/A	0.184E-01	0.102	3325.9	449.770
primus20	FACTOR	prm20	-1	0.74036E+01	0.861E+01	N/A	0.304E+00	0.038	3541.2	436.120
HELL2-xz	LOG10	HELL2	1	-0.14809E+02	-0.1462E+02	N/A	0.564E-01	0.014	94808.7	435.062
HELL3-xz	LOG10	HELL3	1	-0.15680E+02	-0.1564E+02	N/A	0.322E-01	0.019	136656.2	435.478
GUFAl3-xz	LOG10	GUFAl3	1	-0.15390E+02	-0.1539E+02	N/A	0.160E-01	0.049	95935.5	424.058
HELL4-xz	LOG10	HELL4	1	-0.15239E+02	-0.1528E+02	N/A	0.222E-01	0.035	94255.2	424.104
AUSTR-xz	LOG10	AUSTR	1	-0.13410E+02	-0.1335E+02	N/A	0.306E-01	0.020	120257.6	436.820
STEAM-xz	LOG10	STEAM	1	-0.13535E+02	-0.1353E+02	N/A	0.365E-01	0.016	127608.7	447.728
STALL-xz	LOG10	STALL	1	-0.14218E+02	-0.14299E+02	N/A	0.128E-01	0.060	92807.1	448.490
WELL5-xz	LOG10	WELL5	1	-0.13901E+02	-0.14063E+02	N/A	0.136E-01	0.043	131389.2	456.968
nKYRL-xz	LOG10	nKYRL	1	-0.12964E+02	-0.1284E+02	N/A	0.234E-01	0.032	85263.3	422.421
WEL21-xz	LOG10	WEL21	1	-0.14091E+02	-0.14072E+02	N/A	0.129E-01	0.066	75133.8	428.676
WEL13-xz	LOG10	WEL13	1	-0.14159E+02	-0.1431E+02	N/A	0.207E-01	0.026	144532.5	408.620
KYRDL-xz	LOG10	KYRDL	1	-0.13283E+02	-0.1322E+02	N/A	0.211E-01	0.026	132144.8	424.905
nNESV-xz	LOG10	nNESV	1	-0.14200E+02	-0.14124E+02	N/A	0.137E-01	0.039	139721.0	408.634
WEL19-xz	LOG10	WEL19	1	-0.13600E+02	-0.1352E+02	N/A	0.312E-01	0.018	129429.0	424.145
uppst-x	LOG10	UPPST	1	-0.13971E+02	-0.13876E+02	N/A	0.135E-01	0.038	148984.8	415.874
uppst-z	LOG10	UPPST	3	-0.12893E+02	-0.1297E+02	N/A	0.373E-01	0.015	122365.7	426.153
PI-WEL_5	LOG10	WEL_5	1	-0.11982E+02	-0.1188E+02	N/A	0.173E-01	0.031	122575.5	413.103



Tafla 1, framhald.

ESTIMATED PARAMETER	V/L/F	ROCKS	PA R	INITIAL GUESS	BEST ESTIMATE	STAND. DEV.	STANDARD DEV.	STAND. DEV.	SENSIT.	SENSIT.
						A- PRIORI	MARGINAL	C/M	OUTPUT	OBJ.- FUNC.
PI-WEL_6	LOG10	WEL_6	1	-0.11258E+02	-0.1099E+02	N/A	0.568E-01	0.009	114328.9	415.068
PI-WEL_7	LOG10	WEL_7	1	-0.11984E+02	-0.1195E+02	N/A	0.138E-01	0.039	121943.7	413.862
PI-WEL_9	LOG10	WEL_9	1	-0.11523E+02	-0.1139E+02	N/A	0.386E-01	0.014	116916.9	415.744
PI-WEL10	LOG10	WEL10	1	-0.12100E+02	-0.12061E+02	N/A	0.938E-02	0.058	123543.3	414.907
PI-WEL11	LOG10	WEL11	1	-0.11371E+02	-0.1145E+02	N/A	0.223E-01	0.024	115595.7	413.614
PI-WEL12	LOG10	WEL12	1	-0.11918E+02	-0.1182E+02	N/A	0.247E-01	0.022	121208.7	413.761
PI-WEL13	LOG10	WEL13	1	-0.11974E+02	-0.11892E+02	N/A	0.102E-01	0.052	123941.6	412.819
PI-WEL14	LOG10	WEL14	1	-0.11712E+02	-0.11735E+02	N/A	0.101E-01	0.053	118732.6	416.367
PI-WEL15	LOG10	WEL15	1	-0.12072E+02	-0.1212E+02	N/A	0.159E-01	0.034	122909.6	413.982
PI-WEL16	LOG10	WEL16	1	-0.12141E+02	-0.12157E+02	N/A	0.116E-01	0.046	123773.9	411.479
PI-WEL19	LOG10	WEL19	1	-0.12143E+02	-0.1216E+02	N/A	0.134E-01	0.040	123728.4	415.894
PI-WEL20	LOG10	WEL20	1	-0.12350E+02	-0.1235E+02	N/A	0.304E-01	0.018	125543.5	414.196
PI-WEL21	LOG10	iWL21	1	-0.12000E+02	-0.1203E+02	N/A	0.705E-01	0.008	121951.2	414.033
PI-WEL22	LOG10	WEL22	1	-0.12137E+02	-0.1208E+02	N/A	0.238E-01	0.023	123334.5	414.411
PI-Kolv	LOG10	KOL_1	1	-0.12632E+02	-0.1236E+02	N/A	0.694E-01	0.008	128357.2	414.271
PI-he3	LOG10	HEL_3	1	-0.12169E+02	-0.1216E+02	N/A	0.460E-01	0.014	104013.4	491.945
PI-he4	LOG10	HEL_4	1	-0.11803E+02	-0.1177E+02	N/A	0.257E-01	0.024	108365.3	453.620
aKYRL-xyz	LOG10	aKYRL	1	-0.13751E+02	-0.1373E+02	N/A	0.344E-01	0.018	125518.5	450.474
HFLEK-xz	LOG10	HFLEK	1	-0.13855E+02	-0.1376E+02	N/A	0.307E-01	0.019	129688.0	443.508
WEL12-xyz	LOG10	WEL12	1	-0.14402E+02	-0.14500E+02	N/A	0.588E-02	0.418	33686.3	517.130
WEL16-xz	LOG10	WEL16	1	-0.14249E+02	-0.1437E+02	N/A	0.185E-01	0.030	139934.2	415.623
STANG-xz	LOG10	STANG	1	-0.13900E+02	-0.14030E+02	N/A	0.117E-01	0.068	80242.9	442.487
SSPgr-x	LOG10	SSPgr	1	-0.13617E+02	-0.1359E+02	N/A	0.522E-01	0.015	88446.5	433.742
varmal-gr	VALUE	THAK2	1	0.21556E+01	0.202E+01	N/A	0.642E-01	0.093	2015.8	484.956
varmatap	FACTOR	GUF_1+2	-1	0.60304E+02	0.598E+02	N/A	0.835E+00	0.090	4063.1	436.340
Hellis-primus	FACTOR	prm51+2	-1	0.32450E+00	0.309E+00	N/A	0.209E-01	0.019	4248.2	415.080
Kyrdals-kuldi	FACTOR	KYR_1	-1	0.44240E+01	0.345E+01	N/A	0.115E+00	0.046	4357.0	432.077
PI-he5	LOG10	HEL_5	1	-0.11532E+02	-0.1151E+02	N/A	0.340E-01	0.023	73830.9	433.280
PI-he6-efri	LOG10	iHM_6	1	-0.10031E+02	-0.1003E+02	N/A	0.288E-01	0.021	87182.6	435.633
PI-he6-nedri	LOG10	iHR_6	1	-0.12186E+02	-0.1219E+02	N/A	0.258E-01	0.023	107464.8	425.979
PI-he7-efri	LOG10	iHM_7	1	-0.10854E+02	-0.1077E+02	N/A	0.337E-01	0.019	88536.4	427.228
PI-he7-nedri	LOG10	iHL_7	1	-0.11838E+02	-0.1179E+02	N/A	0.290E-01	0.026	79499.1	430.711
HSPR3-x	LOG10	HSPR3	1	-0.13301E+02	-0.1335E+02	N/A	0.174E-01	0.045	84310.3	437.708
HOLA7	LOG10	HOLA7	1	-0.14046E+02	-0.1399E+02	N/A	0.233E-01	0.027	116374.6	423.810
HSPR1	LOG10	HSPR1	1	-0.14301E+02	-0.1436E+02	N/A	0.357E-01	0.018	120446.0	438.560

### 5.3. Inn- og útstreymi

Mikilvægt atriði í kvörðun Hengilslíkansins var að ákvarða styrk uppsprettna/svelgja þar sem vökvi og varmi streyma inn og út. Hér varð niðurstaðan þessi:

- Uppstreymið undir Hengli er haft tvískipt en þó samliggjandi. Nyrðri hlutinn kom inn í 5 kubba (SN002, SN003, SN019, SN021 og SN158) og fékk hver þeirra í sig 8 kg/s af vökva (samtals 40 kg/s) með vermi upp á 2100 kJ/kg. Hér hefur orðið talsverð breyting frá fyrri líkönum, einkum í þá veru að massastreymið hefur minnkað en vermið hækkað. Til samanburðar hafði Nesjavallalíkanið frá árinu 2000 innstreymi upp á 70 kg/s og vermi 1700 kJ/kg (Grímur Björnsson o.fl., 2000). Ástæða þessa er að líkansmiðir eru þess fullvissir að djúpprýstingur á Nesjavöllum er lægri en umhverfis. Til að svo megi verða í reiknilíkaninu, er nauðsynlegt að lágmarka massainnstreymið og hámarka vermið. Athugið að núverandi innstreymi er ígildi 84 MW í varma en það “gamla” var ígildi 120 MW.
- Syðri hluti uppstreymisins kemur svo í aðra 4 kubba (Sn024, Sn025, Sn026 og Sv059). Hver þeirra fær í sig 16 kg/s (samtals 64 kg/s) með vermi upp á 2200 kJ/kg. Hrávarmi þessarar uppsprettu er því 140 MW.
- Alls er því uppstreymi Hengilslíkansins 104 kg/s með meðalvermi yfir 2150 kJ/kg. Hrávarminn sem þarna kemur upp er samtals 225 MW.
- Talsverður varmastraumur kemur svo þessu til viðbótar inn í líkanið með leiðingu gegnum 100-200 °C/km prímusana í miðju gosbeltisins (sjá mynd 19). Þessi varmastraumur sér til þess að vökvinn, sem kemur djúpt og lárétt inn að þrýstilægð uppstreymisins, er hitaður að hluta til áður en hann blandast uppstreyminu.
- Massi tapast síðan út um þrýstistýrðu svelgina sem nefndir voru í kafla 4.4 og eru sýndir syðst á Hellisheiði á mynd 19. Svo fór á endanum að þeir taka við rúmlega 300 kg/s af 180-190 °C heitum vökva. Aðalsvelgurinn er hafður undir Hverahlíð á Hellisheiði og tekur hann við 270 kg/s árið 1975. Hans er þörf til að mynda þrýstilægðina á miðri Hellisheiði sem sýnd er á mynd 11. Að sama skapi þurfti að innleiða torleka þilið milli þrýstilægðarinnar og nýju holnanna á Hellisheiði, svo herma mætti þrýstifallið til austurs yfir að holu HE-3 (staðsetning þilsins er sýnd sem svört lína á myndum í viðauka E).

Þess má geta að uppstreymið undir Hengli sýndi sig að vera mjög næm líkanstærð og hefur styrkur þess og vermi áhrif bæði á Hellisheiði og Nesjavöllum. Eiginleikar þess voru handstilltir. Eins ber að geta þess að massasvelgir sem voru til staðar austan og norðan Nesjavalla í líkönum frá árinu 2000 og fyrr, eru horfnir. Þá hafði áhrif á þrýsting Nesjavalla hve mikill vökvi hvarf út um massasvelgina á Hellisheiði.

## 6. SAMRÆMI VIÐ UPPHAFSÁSTAND OG VINNSLUSÖGU

### 6.1. Forvinnsla mæligagna

Sem áður greinir eru þau gögn sem styðja kvörðun reiknilíkansins af Hengli mjög viðtæk, bæði í dreifingu og tíma. Alúð var lögð í að lýsa þeim sem best í sjálfkvörðuninni. Gögnin má flokka í upphafsástand og vinnslusögu. Enginn sérstakur munur er á milli þeirra í iTOUGH2 utan að skilgreint er klukkan hvað mælingin gildir. Eins verður að sjá til þess að reikniverk iTOUGH2 stoppi á réttum tímum, stilli ástand allra kubbanna í líkaninu og geri síðan samanburð á mældum og reiknuðum stærðum.

Tafla 2 gefur yfirlit um ýmsar stærðir og gagnaflokka sem iTOUGH2 forritið fékk til sjálfleitarinnar. Yfirlit þetta kom úr besta líkaninu frá 28. maí. Af töflunni má sjá að móðurörgjörvinn hrygndi framkeyrslum inn í aðra 47 örgjörva, 345 gagnasett eru til viðmiðunar milli mældra og reiknaðra gilda, kóðanum er skipað að stoppa í 356 tímagildum en eins má sjá að tímagluggar eiga við sum gagnasettin. Gott dæmi þar um er þegar upphafshiti eða þrýstingur er skilgreindur í einum kubb líkansins. Sú mæling gildir aðeins klukkan núll, þ.e. 1. janúar 1975. Því er höfð inni skilgreiningin

```
>>>> WINDOW: -1. 1.
```

í inntaksskrá iTOUGH2 til að tryggja að mæligildið verði aðeins notað í þeim tímaskrefanna 356 sem rúmast í glugganum [-1,1]. Þá sýnir tafla 2 að beðið er um ákvörðun á 66 eiginleikum, þrýstingur er skilgreindur í 81 gagnapunktum (tími,gildi), hiti í 171, vermi í 2297, rennsli í 2319 og niðurdráttur þrýstings í 1470 punktum. Samtals eru því borin saman 6338 mæld og reiknuð gildi sem eru höfð til grundvallar við útreikning á “objectivity” fallinu og til að ákvarða næsta sett af mæligildum og áreiðanleika hvers þeirra. Rétt er að ítreka að fyrir hverja einustu mælingu er skilgreind nákvæmni hennar, oftast staðalfrávik. Mátti fíkta í því og lækka eða hækka eftir því hve sú ákveðna mæling var talin mikilvæg fyrir ákvörðun líkanstærða.

**Tafla 2:** *Upplýsingar um gagnasett og tímaskilgreiningar í iTOUGH.*

Number of processes spawned	:	47	
Number of datasets	:	345	
Number of calibration times	:	356	(Time windows)
Number of parameters	:	66	
Number of PRESSURE	:	81	
Number of TEMPERATURE	:	171	
Number of ENTHALPY	:	2297	
Number of GENERATION RATE	:	2319	
Number of PRES. DRAWDOWN	:	1470	
Total number of observations	:	6338	

## 6.2. Samræmi upphafshita og þrýstings

Viðauki F sýnir hvernig til tókst að samræma mældan og reiknaðan hita og þrýsting í 33 holum, innan sem utan Hengils. Þetta eru gögnin sem skorða upphafsástand líkansins. Almennt séð eru líkansmiðir ánægðir með samræmið utan holna í og austan Bitrusprungunnar (Ölkelduháls, Hveragerði, Ölfus). Líkleg ástæða er einfaldlega sú að annað uppstreymi er að öllum líkindum norðan Hveragerðis. Núverandi líkan er því svartsýnt um þessi svæði. Er hætt við að það ofreikni þrýstisamgang við Hellisheiði og Nesjavelli.

Á Nesjavöllum er komið þrýðissamræmi hita og þrýstings í flestum holum, en þó ekki án undantekninga. Þannig er botnhiti holna 5 og 7 ofmetinn, hola 10 að hluta of heit, hola 12 lítillega of köld neðan til, hola 14 lítillega of heit, hola 17 of heit en þó viðsnúin. Loks er hola 18 of heit til marks um að lekt er enn eilítið of há nyrst í líkaninu og þar með útstreymi heits vatns þangað. Þrýstingur á Nesjavöllum hefur hins vegar lagast mikið frá líkaninu í fyrra. Má nú sjá reiknaða þrýstinginn bæði of- og vanmetinn í holum í stað þess að hafa verið ætíð ofmetinn í 2002 útgáfu líkansins.

Mikilvæg ástæða þess að núverandi gerð reiknilíkansins af Hengli telst vel heppnuð, er að tekist hefur að herma viðsnúinn hita á Hellisheiði með mjög einföldu hugmynda-líkani. Sem áður er getið veldur djúpstæð þrýstilægð uppstreymisins undir Hengli því að kaldari vökvu úr suðri leitar til þess, hitnar og stígur með uppstreymisvökvanum. Hann rennur síðan á nýjan leik frá norðri til suðurs um móbergsríku dalfylluna í jarðhitakerfi Hellisheiðar uns svelgirnir í suðri gleypa massann. Skoðun mynda af HE holum í viðauka F sýna að stórt séð hefur tekist að herma hita allra holnanna HE-3, HE-4, HE-5, HE-6 og HE-7, auk þess sem þrýstisamræmið er einnig viðunandi. Rétt er að geta þess að mikil vinna var lögð í það, veturinn 2002-2003, að komast að því hver væri berghitinn í þessum holum. Var ekki látið nægja að mæla þær í upphitnun, heldur var einnig safnað hita í blæstri auk hitamælinga í jöfnun eftir blástur. Telja höfundar því að þessi hluti gagnanna á Hellisheiði sé mjög vel ákvarðaður, svo og samræmi reiknaðra stærða.

Vonbrigði eru hins vegar að reiknilíkanið metur hita holu KHG-1 á Kolviðarhóli talsvert viðsnúinn, sem er í ósamræmi við mælingar. Ákveðið var að dvelja ekki um of við þennan hluta líkansins sökum þess að nú um mundir er verið að bora nýja og djúpa holu, HE-8, norðan Kolviðarhóls. Munu mælingar úr henni nýtast til að þróa reiknilíkanið frekar í næstu uppfærslu og verður þá tekið á þessum þætti. Má vera að sérstakt uppstreymi fylgi súrum berglögum norðan Húsmúla og að þeirra gæti í holu KHG-1. Eins gæti hugsast að viðvarandi niðurrennsli vökva, úr heitum miðkafla holunnar, eigi sér stað til botnæða og að berghitinn sé þar með rangt ákvarðaður.

Og sem fyrr getur er samræmi mælds og reiknaðs hita slakt austan Bitrusprungunnar, sökum þess að meint uppstreymi norðan Hveragerðis er ekki með inni í líkaninu. Reiknaður þrýstingur er hins vegar nokkuð réttur. Viðmið hans eru mælingar sem voru teknar fyrir hrinuna miklu á Bitrusprungunni sumarið og haustið 1998.



### 6.3. Dreifing upphafshita og þrýstings í reiknilíkaninu

Viðauki G sýnir hvernig hita og þrýstidreifing reiknast í 6 lögum reiknilíkansins. Þessar stærðir eru skoðaðar í stórum fleti, 20x20 km, þar sem uppstreymi Hengils er í miðjunni. Þá er nýjung að gildi rafviðnáms í jörðu á Hengilssvæði hafa verið umreiknuð til hita. Eru slíkir “jafnhitaferlar” sýndir í lögum U, M, G og L (grænar og rauðar krossalínur). Þessar línur eru taldar sýna hvar lágviðnámskápa byrjar og endar á Hengilssvæði (Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001). Ferlarnir gætu svarað til u.þ.b. 120 og 250 °C berghita, ef ummyndun er í jafnvægi við hitann. Sjálfsagt þótti og eðlilegt að innfæra þessa þekkingu í reiknilíkanið, einkum til að fá bönd á mögulega hitadreifingu utan borsvæða.

Eftirfarandi má segja um myndirnar í viðaukanum. Er þá byrjað ofan frá og haldið niður:

- Hiti í U laginu (miðja við sjávarmál) einkennist af uppstreymi Hengilsins. Yfir því er gufupúði og þrýstingur því mjög hár. Einnig teygir sig hitasvæði út á Ölkelduháls og í átt að Bitrusprungunni. Þá er sprungustykki Hengilsins heitara til suðurs en norðurs, til samræmis við að Hellisheiðarholurnar eru almennt heitari grunnt en þær á Nesjavöllum. Bitrusprungan kemur fram sem þrýstihæð í suðri. Er kalt vatn að leka þarna niður, frá óvirka Y-laginu sem er einungis 10 °C heitt. Einnig má sjá kælipunkt við hana í hitamyndinni. Ágætis samræmi er milli lögunar reiknaðs hita og viðnáms hita á þessu dýpi.
- Hiti í M laginu (miðja í 350 m.u.s.) er nú orðinn talsvert útbreiddur og þrýstihóllinn yfir uppstreyminu hefur að sama skapi minnkað. Á þessu dýpi er áberandi skarð inn í viðnáms hitana, um Bitrusprunguna. Þetta fyrirbæri, ásamt skjálftavirkninni, er höfuðástæða þess að Bitrusprungan fær svo mikla vigt í líkaninu sem raunin er. Er geil líka í reiknaða hitann. Áfram er hiti grunnt almennt hærri sunnan en norðan Hengils, afleiðing þess að lekt grunnt er líka hærri sunnan megin. Sjá má staðbundnar þrýstilægðir í suðri, þar sem massasvelgirnir títtnefndu eru skilgreindir.
- Hiti og þrýstingur í lagi G (miðja í 600 m u.s.) er um margt líkur að lögun og í M laginu utan að hitagildi hækka og þrýstihóllinn yfir uppstreyminu lækkar. Geil er í reiknaða hitann um Bitrusprunguna, rétt eins og í viðnáms hitanum. Þá eru útmörk hitasvæðis í norðri og suðri í samræmi við viðnáms hitann. Hins vegar bólgnar viðnáms hitasvæðið út til vestur frá Henglinum en ekki reiknaði hitinn. Hér er hugsanlega á ferð berg sem var áður heitt innan sprungustykkisins. Það hefur rekið til vesturs og kólnað í tímans rás, án þess þó að breyta rafleiðnieiginleikum sínum umtalsvert. Borholu þarf til að skera úr um þetta. Þrýstisvelgirnir í suðri sjást enn vel og einnig er tekið að gæta áhrifa lektarþilsins á Hellisheiði, auk þess sem þrýstingurinn myndar hrygg til suðurs líkt og sást í mynd 5. Eins breiðir hitinn við gossprungurnar á Hellisheiði sig til SA, út á heiðina og í átt að Bitrusprungunni.
- Hiti og þrýstingur í lagi L (miðja í 850 m u.s.) er um margt líkur því sem er í G laginu. Breytingar eru að hiti í norðri, á Nesjavöllum, er nú útbreiddur orðinn en á móti hefur hitasvæðið austan til á Hellisheiði dregist eilítið saman. Lektarþilið á Hellisheiði er einnig greinilegt á myndinni. Þrýstihóllinn yfir uppstreyminu er

orðinn aflangur og kennir hér háu lektarinnar í Kýrdalssprungunni. Þá er massasvelgurinn undir Hverahlíð ráðandi um þrýstinginn í suðri.

- Hiti í lagi R (miðja í 1250 m u.s.) heldur áfram að breiða sig út á Nesjavöllum miðað við lag L, en dregst að sama skapi saman í suðri á Hellisheiði. Nú hafa straumastefnur á Hellisheiði snúist við og vatn tekur að renna í norður, til uppstreymisins. Þrýstingur er einnig mjög flatur á þessu dýpi og uppstreymið hætt að skera sig frá öðrum hlutum líkansins. Er massasvelgurinn á Hellisheiði eina sterka frávikið. Einnig gætir nú þess að upphafsþrýstingur á norðurkanti reiknilíkansins er 10 börum hærri en á suðurkantinum, til samræmis við landhalla. Er því brekka í þrýstingnum og almennt hægrennsli vökva frá norðri til suðurs. Þá er lektarpilið á Hellisheiði áfram ríkjandi í þrýstidreifingunni.
- Síðan er svo komið í S laginu (miðja í 1750 m u.s.) að sprungustykki Hengilsins er orðin áberandi þrýstilægð sem dregur að sér vökva bæði úr norðri og suðri. Kýrdalssprungan blasir við sem hryggur 320-350 °C hita á Nesjavöllum. Hiti er hins vegar lágur í suðri. Líkansmiðir eru talsvert ánægðir með þrýstinginn hérna. Einkum sökum þess að fram til nú var ákveðin þversögn í því að uppstreymið undir Hengli skilaði þrýstihæð á Nesjavöllum meðan mælingar bentu til þrýstilægðar djúpt. Eins veldur þessi þrýstilægð djúprennslinu til norðurs á Hellisheiði, og mældur hitaviðsnúningur þar hermist með ágætum.

#### 6.4. Reiknað upphafsruðmál gufu

Í viðauka H er að finna flatarmyndir sem sýna reiknaðan gufuhluta í Hengli við upphaf vinnslu í ársbyrjun 1975. Líkt og með hitann er þægilegt að fletta í gegnum kaflann og lýsa hverju lagi fyrir sig.

- Í lagi U (sjávarmál) er gufusvæði til staðar ofan uppstreymisins og fellur það ágætlega saman við þrýstihólinn á sama stað. Gufuhluti er hár, allt að 60 %. Eins má sjá lítið gufusvæði í áttina að Bitrusprungunni.
- Í lagi M (350 m u.s.) er komið útbreitt gufusvæði, einkum á Hellisheiði. Sunnan til er gufuhlutinn á bilinu 0-50 % en stendur síðan í 60 % yfir uppstreyminu. Ástæða þess að 60 % gufuhluti verður svo ráðandi er langlíklegast að leita í skilgreiningunni á hlutlekt vatns og gufu í kafla 4.6. Vatnsfasinn er nefnilega fastur (immobile) við 60 % gufuhluta og getur því einungis gufa flætt um bergið. Ekki er víst að þetta sé svona í náttúrunni. Til að mynda getur varmatap til yfirborðs valdið þéttingu og lækkun á gufuhlutanum, þannig að vatnsfasinn verður hreyfanlegur.
- Stærð gufusvæðisins er áfram allnokkur í lagi G (600 m u.s.), en nú er einungis mild suða á Hellisheiði (<20 %). Sterkur gufupúði finnst hins vegar í norðri, á Nesjavöllum. Þarna er þörf á gufustatískri þrýstisúlu til að hægt sé að útskýra yfirþrýsting sem bormenn hafa oft glímt við í syðri hluta Nesjavallasvæðisins.
- Suðusvæðið dregst síðan saman í lagi L (850 m u.s.), en er áfram talsvert að útbreiðslu. Gufumettunin er lág (<10-15 %).
- Loks er svo komið í lögum R og S (1250 og 1750 m u.s.) að suða er bundin við Kýrdalssprunguna á Nesjavöllum, til samræmis við mælingar.

Enn á ný þurfa líkansmiðir að lýsa ánægju sinni með þennan þátt í líkaninu, miðað við líkanið frá árinu 2002. Í fyrsta lagi vegna þess að heitustu holurnar á Nesjavöllum fylgja suðumarksferli og líkanið einnig. Þá er reiknuð suðuprósentá há grunnt í norðri til samræmis við yfirþrýstinginn á Nesjavöllum. Loks verður suðan undir Hengli til þess að mikil rýmd kemur í geymslíkanið og þrýstisveiflur Nesjavalla, yfir Hengilinn til Hellisheiðar, dempast.

## 6.5. Samræmi mældrar og reiknaðrar vinnslusögu

Viðauki I sýnir hvernig til tókst með hermun á rennsli og vermi úr borholum á Nesjavöllum og Hellisheiði. Álit höfunda er að þessi gögn þrengi hvað mest þær mögulegu lausnir í bergeiginleikum sem leiða til góðs samræmis mældra og reiknaðra stærða. Hér er valið að fletta í gegnum viðaukann og lýsa hverri síðu fyrir sig.

- Mynd 97 sýnir mældar og reiknaðar vinnslusögur holna 5, 6, 7 og 9 á Nesjavöllum. Jaðrar við að kalla megi samræmið fullkomið, einkum fyrir það að tekist hefur að herma sveiflur í rennsli og vermi sem er allsnúið í TOUGH2. Stafa þær að miklu leyti af því að hávermisholurnar uppi á stalli og út eftir Kýrdalshrygg, hafa áhrif hver á aðra. Tekist hefur að haga lekt þannig á milli þeirra að þrýstimerkið berst um og breytir vermi og rennsli víða. Er helst að megi amast við vermi holu 7, sem er fullhátt og á rætur að rekja til of hás berghita í upphafsástandi.
- Mynd 98 sýnir samræmi vinnslusagna holna 10, 11, 12 og 13 á Nesjavöllum. Hér er uppi sama ástand og á fyrri mynd, nánast fullkomið samræmi milli reikninga og mælinga. Einkum eru það rennslis- og vermissveiflur holu 11 sem geta fengið hvern forðafræðing vítt um heim til að slefa af hrifningu. Hóla 10 er hér stemmningarspillir með of hátt vermi sökum of hás upphafshita. Eins mætti finna að því að reiknað vermi holu 12 er aðeins of lágt.
- Mynd 99 sýnir hvernig til tókst með vinnslusögu holna 14, 15, 16 og 17 á Nesjavöllum. Hér eru smáerfiðleikar, einkum með holu 14. Hana virðist vanta þrýstistuðning og fær á sig reiknaðan niðurdrátt þegar holur í nágrenninu taka að blása eftir árið 1999. Gæti verið að Bitrusprungan þurfi að ná alla leið inn á Nesjavelli og styðja þannig við þrýstinginn. Eins er hóla 14 fullheit sem veldur reiknaðri suðu og þrýstifalli, sem ekki er raunin í vatnskerfi. Holu 15 er lítið hægt að segja um vegna stuttrar vinnslusögu. Hóla 16 er góð í rennsli en ekki vermi, sem reiknast fulllág. Hér er við að eiga lektina í norðurkanti Nesjavalla. Hún er ennþá fullhá og getur leitt til þess að sjóði betur í holu 16 þegar lektin hefur verið löguð. Hóla 17 er loks of há í reiknuðu vermi, til samræmis við of háan reiknaðan berghita. Enn eru óskýrðir þeir þættir í hugmyndalíkani Nesjavalla sem þarf til að hóla 17 kólni betur í reiknilíkaninu. Hugsanlega er þverbrot við hana sem veitir vökva úr vestri inn í heitasta svæðið.
- Mynd 100 í viðauka I sýnir mældar og reiknaðar vinnslusögur holna 18, 19, 20 og 21 á Nesjavöllum. Hér reiknast vermi holu 18 of hátt til samræmis við áður nefndan, of háan reiknaðan upphafshita hennar. Holu 19 hefur ekki tekist að herma í rennsli og vermi. Svo virðist af mælingum að holan sveifli sér milli þess að skila annaðhvort millivermi upp á 1200-1500 kJ/kg eða þá hreinlega þurri gufu (2800 kJ/kg). Verra er að heildarvinnslan vex þegar holan þornaði eftir árið

2002. Það gefur líkansmiðum færi á að vantreysta vinnslugögnunum. Hóla 20 náðist hins vegar mjög vel í vermi og rennsli og hóla 21 telst að sama skapi góð, þó svo að hún þorni hægar í reiknilíkaninu en í náttúrunni.

- Mynd 101 sýnir vinnslusögur holu NJ-22 á Nesjavöllum, stutta prófun á Kolviðarhólsholunni KHG-1, og vinnslusögu holna HE-3 og HE-4 á Hellsheiði. Hér hefur vel tekist til með holu NJ-22, þó svo að benda megi á að stöku aflmælingar Orkuveitunnar bendi til að holan hafi þornað á köflum. Kolviðarhólssamræmið er hins vegar lélegt og bíður þess að upplýsingar úr nýrri holu, HE-8, sem nú er í borun, skili sér. Holur HE-3 og HE-4 takast hins vegar prýðisvel í reiknilíkaninu. Einhver kynni að segja að hóla HE-4 væri slök. Því er til að svara að skýrsluhöfundar hafa lagað aflmælingar úr henni að mældu vermi í suðuborði, sem er innan vinnslufóðringar. Telst slík vermimæling nákvæm. Mælingar Orkuveitunnar líða hins vegar fyrir meðburð vatns upp úr hljóðdeyfum sem leiðir til skekkna í mældu afli (vermi ofmetið og heildarrennsli vanmetið).
- Mynd 102 sýnir að lokum reiknað sem mælt vermi í holum HE-5, HE-6 og HE-7 á Hellsheiði. Skemmst er frá því að segja að þessar holur nást prýðisvel í líkaninu. Er kannski ekki von því holur 6 og 7 eru báðar tveggja æða. Sjóða grynri æðarnar sig út í berg og þorna meðan þær djúpu eru blautar. Var því léttur leikurinn að stilla vinnslustuðla æðanna þ.a. hvorutveggja smellpassaði, vermið og rennslið.

## 6.6. Samræmi mælds og reiknaðs þrýstiniðurdráttar

Viðauki J sýnir mældan og reiknaðan niðurdrátt í nokkrum borholum á Nesjavöllum og á Kolviðarhóli. Sem áður er valið að fletta gegnum viðaukann og lýsa hverri síðu fyrir sérstaklega.

- Mynd 103 sýnir mældar og reiknaðar þrýstingsbreytingar í holum 7, 9, 10, 12 og 14 á Nesjavöllum. Mynd “p 7 1” sýnir jöfnun holun NG-7. Saman við jöfnunina kemur að líklega er það holu 10 sem er lokað nokkrum vikum eftir að holu 7 er lokað. Þrýstisamræmið er ekki fullkomið og á rætur að rekja til þess að berghitinn er of hár sem veldur staðbundinni suðu. Betur gengur svo í mynd “p 7 2” þar sem niðurdráttur í holu 7 er nálgður prýðisvel um 8 ára skeið. Eins tekst að herma fyrri hluta niðurdráttarsögu holu 9 (mynd “p 9”) utan að eftir mitt ár 1993 tapast samræmið. Hér getur verið við það eitt að sakast að vatnsborð holunnar fór niður fyrir aðalæð hennar um þetta leyti. Tapast þá samræmi við viðmiðunardýpi gagna úr holunni, sem er holubotninn. Hóla 10 jafnar sig eftir blástur á mynd “p 10 1”. Mynd “p 10 2” sýnir aftur á móti langtímaníðurdrátt í holunni milli 1987 og 1996. Tekst að herma hann, auk truflana snemma og seint á myndinni þegar nálægar holur byrja eða hætta blæstri. Jöfnun holu 10 árið 1996 er hins vegar hermd með ágætum (mynd “p 10 3”). Hins vegar er niðurdrætti í holu 12 ekki náð fullkomlega í reiknilíkaninu, eins og ástæða væri þó til miðað við lengd mælinga. Blástur holu 17 sést vel í upphafi sögunnar en síðan vantar rúmt bar upp á að reiknaður niðurdráttur nái þeim mælda árið 2002. Hér kann að vera við það eitt að sakast að lektarþil er í Nesjavallalíkaninu milli holna 11 og 12. Gæti það einfaldlega verið of þétt (viðauki C). Loks er niðurdráttur holu 14 hermdur þannig að skeikar innan við 1 bari, sem er allgott.

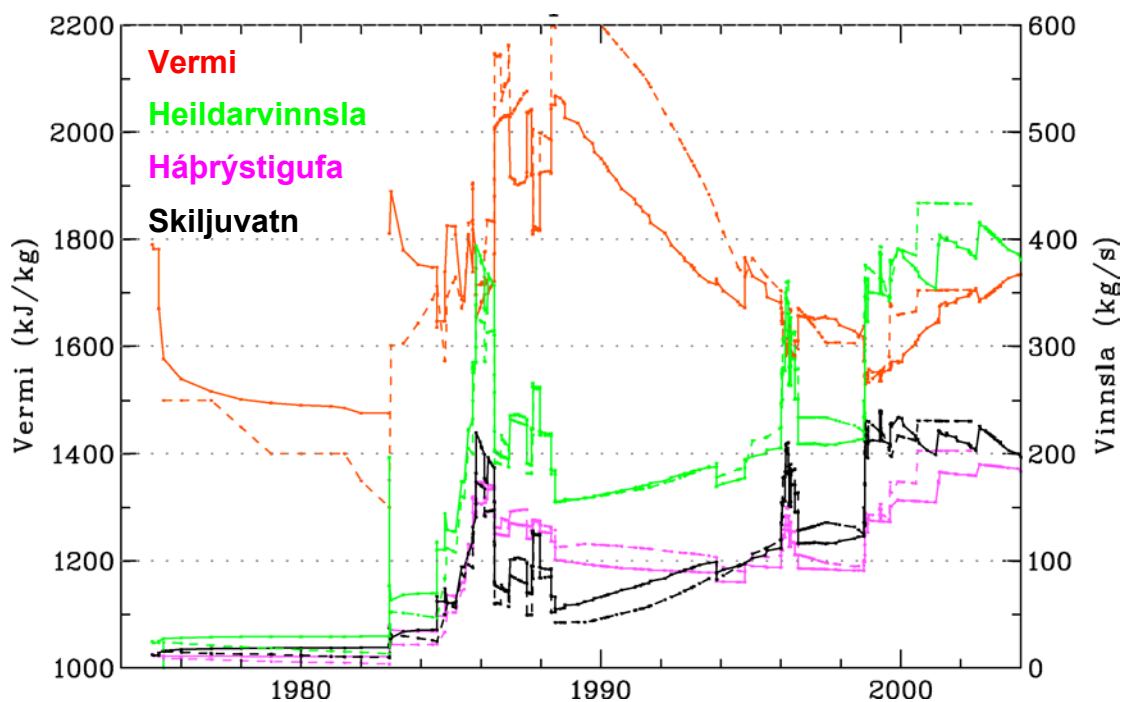


- Mynd 104 sýnir niðurdrátt í holum 14, 15, 17 og 18 á Nesjavöllum. Flestar eru mælingar frá jöfnun eftir blástur. Almennt er erfitt að ná þeim og stundum ekki ástæða til sökum þess að þrýstitrúflunin á við mjög lítið rúmmál í jarðhita-kerfinu. Hins vegar ríkir ánægja hjá höfundum með langtímaniðurdrátt holna 15 og 17 (myndir “p 15 2” og “p 17”). Samræmið er glæsilegt. Eins má benda á að hola 14 (mynd “p 14 4”) er líka nálguð með innan við 1 bars nákvæmni. Kemur mest af skekkjunni frá trúflun sem verður við að nálæg hola hættir að blása um mitt ár 1996.
- Mynd 105 sýnir að lokum samræmi reiknaðs og mælds niðurdráttar á Nesjavöllum og Kolviðarhóli. Niðurdráttur í holu 18 er einstaklega vel nálgaður. Kolviðarhóll er hins vegar sér kapituli. Þar er ekki að sjá neinn niðurdrátt í eftirlitsmælingum, frá því að holan er boruð í árslok 1986. Af ásettu ráði var gengið í það að gagnrýna eftirlitsmælingarnar úr henni á alla mögulega lund, til að komast að þeirri niðurstöðu að hafi einhver þrýstilækkun orðið í henni fram til ársins 2003, sé hún að hámarki 1 bar. Sýnir mynd “p kolv 2” það mat og er reiknaði niðurdrátturinn helmingur þess sem “verst” gæti orðið. Þetta eru áhrif vinnslunnar á Nesjavöllum. Ekki tókst vel að herma jöfnunn þrýstings á Kolviðarhóli eftir blástur (mynd “p kolv 3”). Hins vegar tókst að ná nokkuð vel þeirri trúflun sem varð í vatnsborði á Kolviðarhóli við að hola HE-5 blés tímabundið í veturinn 2002-2003. Er þessi trúflun ráðandi og kvarðar að miklu leyti þá lekt sem talin er ríkja á Hellisheiði í reiknilíkaninu. Myndir “p kolv”, “p 7” og “p 10” sýna hins vegar öll þrýstisettin sem voru til boða í holum KHG-1, NG-7 og NG-10. Er samræmið síður en svo afleitt í þessum skala og sýnir að fyrsta trúflun holu 7 er nálguð nokkuð vel hér, þó svo að útlitið hafi ekki virst eins gott á mynd 103.

Hér ber þess að geta að talsverð vinna var lögð í að safna saman sem flestum mælingum á Nesjavöllum og á Hellisheiði, þar sem vinnsla hafði truflað tímabundið þrýsting eða vatnsborð. Var sú vinna þó smámál hjá fyrrihöfninni við að safna sjálfum gögnunum í mörkinni. Er gott til þess að vita að þessu gögn séu nú “komin til starfa” í reiknilíkaninu. Undirstrikar það þá framför sem verður við að iTOUGH2 leggur tölulegt mat á samræmi aragrúa ólíkra gagna sem er safnað á ólíkum stöðum og á ólíkum tímum.

## 7. SPÁR UM FRAMTÍÐARVIÐBRÖGÐ NESJAVALLA

Á mynd 20 er búið að teikna samræmi mældrar og reiknaðrar heildarvinnslu, rennsli háþrýstigufu, skiljuvatns og meðalvermis á Nesjavöllum samkvæmt “besta líkaninu”. Ólíkt því sem var vorið 2002 er nú einungis eitt sett líkanstærða haft til viðmiðunar (Grímur Björnsson o.fl., 2002). Er það vel. Í stuttu máli sýnir myndin að tekist hefur með ágætum að herma heildarupptektina á Nesjavöllum. Sárafáir agnúar eru nú til staðar milli reiknaðra og mældra stærða, sá helstur að hiti er fullhár til norðurs í Stangarhálsi (Viðauki F). Á móti má nefna að sveiflur í vermi holna nærri Kýrdals-sprungu nást nú prýðilega í reiknilíkaninu.

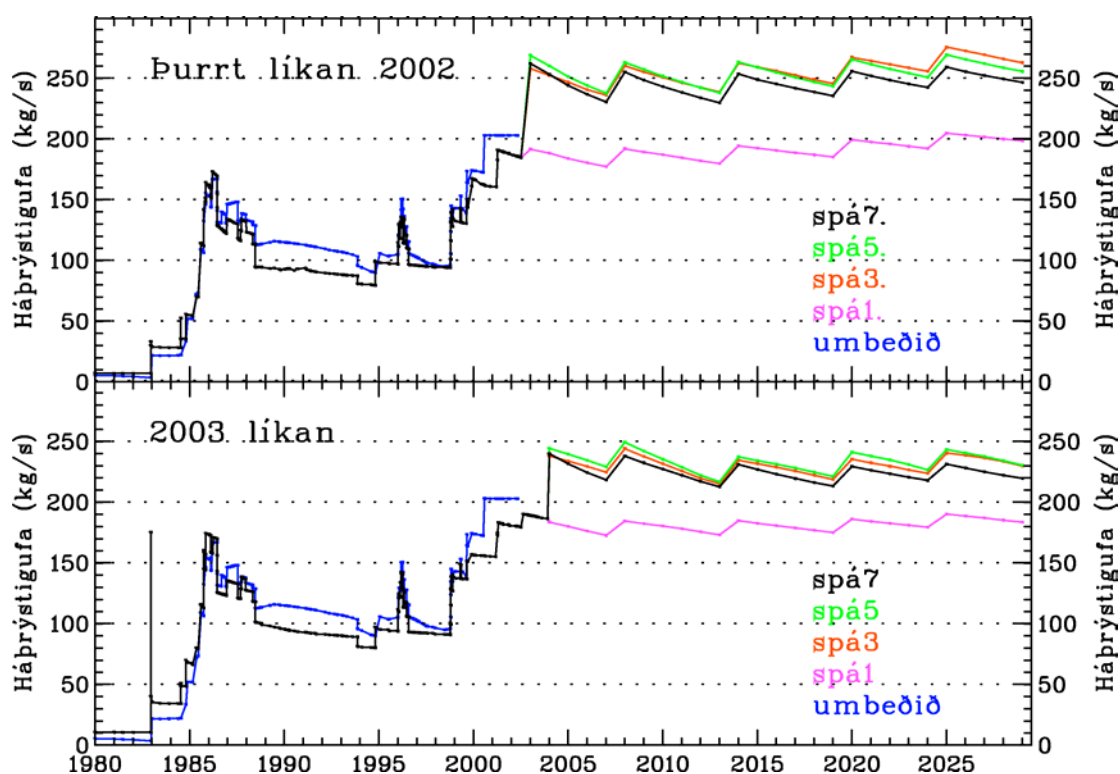


**Mynd 20:** Samræmi reiknaðra (heilar línur) og umbeðinna (slitnar línur) gilda í vinnslusögu Nesjavalla, samkvæmt núverandi líkani. Skilið er við 10 bör-a.

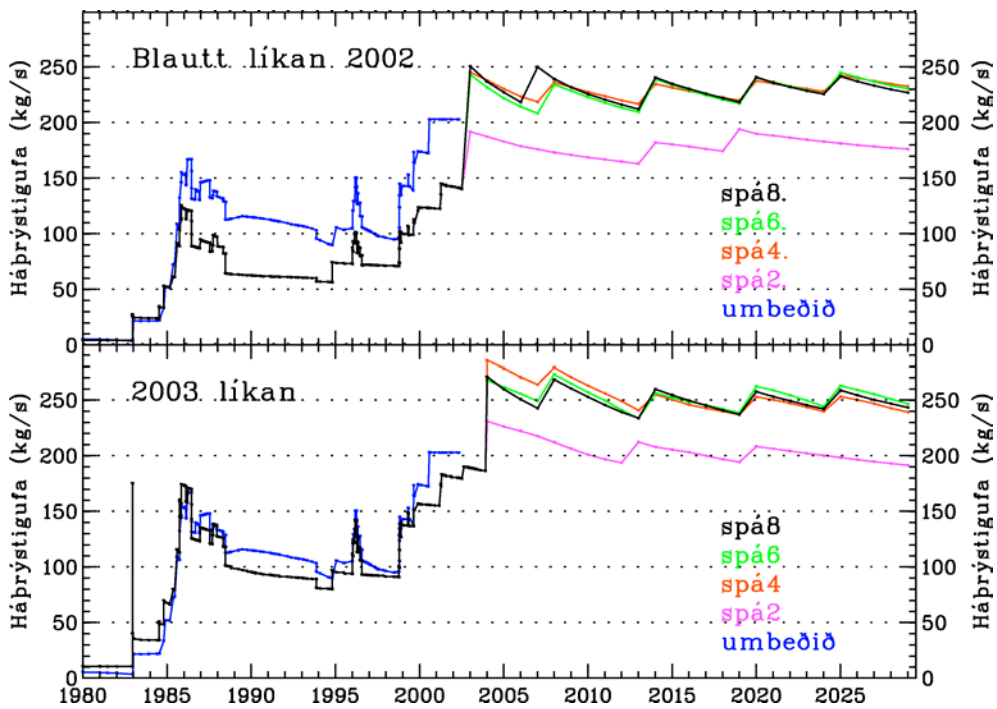
Tafla 3 gefur yfirlit um vinnsluspár Nesjavalla. Til einföldunar var af ráðið að endurreikna sömu spátílfelli og í maí 2002 og láta núverandi líkan vinna úr sömu holum og þá og með sömu eiginleika (Grímur Björnsson o.fl., 2002). Með því fæst samanburður milli núverandi kvörðunar líkansins annars vegar og blauta og þurra líkansins frá því í fyrra hins vegar. Myndir 21 og 22 bera saman tiltæka háþrýstigufu samkvæmt 2003 líkaninu annars vegar en blautu og þurru útgáfum líkansins frá 2002 hins vegar, myndir 23 og 24 heildarvinnsluna, myndir 25 og 26 meðalvermi allra holna og myndir 27 og 28 rennsli skiljuvatns. Skemmst er frá því að segja að núverandi líkan skilar mjög líkum spám og fyrir ári. Bora þarf á Nesjavöllum á 2-5 ára fresti næstu 30 árin og vermi mun haldast hátt þennan tíma.

**Tafla 3:** Yfirlit um vinnsluspár á Nesjavöllum

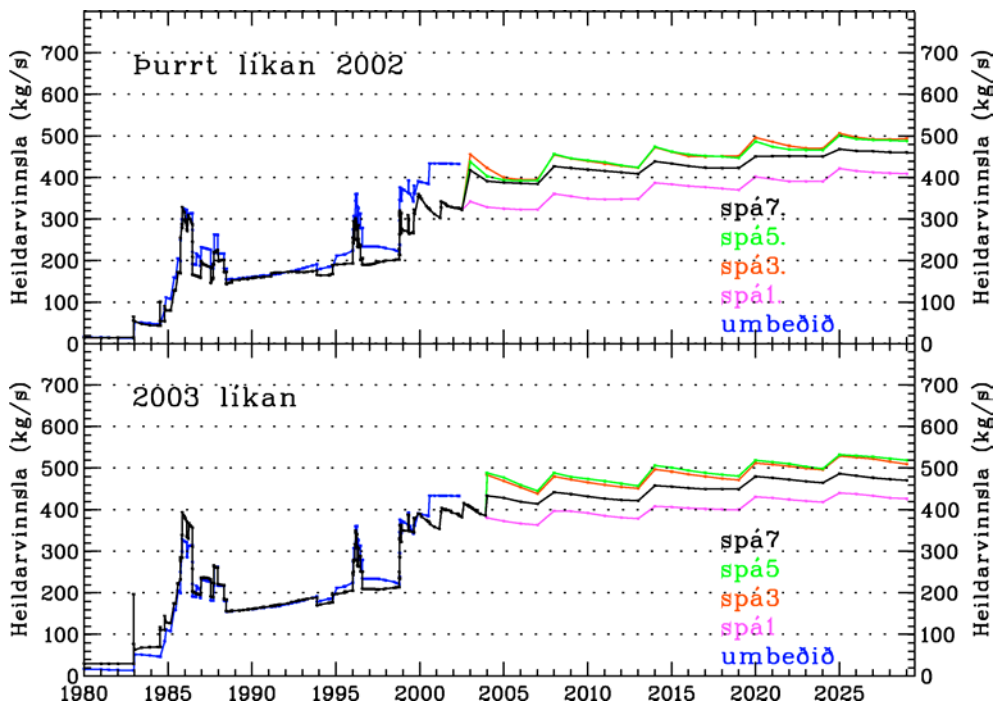
Spá númer	Þurra líkanið	Blauta líkanið	Nýjar holur í lögum
1	90 MW áfram á Nesjavöllum		G,L,R,S
2		90 MW áfram á Nesjavöllum	G,L,R,S
3	120 MW á Nesjavöllum		R og S
4		120 MW á Nesjavöllum	R og S
5	120 MW á Nesjavöllum		L og R
6		120 MW á Nesjavöllum	L og R
7	120 MW á Nesjavöllum		G og L
8		120 MW á Nesjavöllum	G og L



**Mynd 21:** Mæld og reiknuð gufuvinnsla á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í þurra líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a.

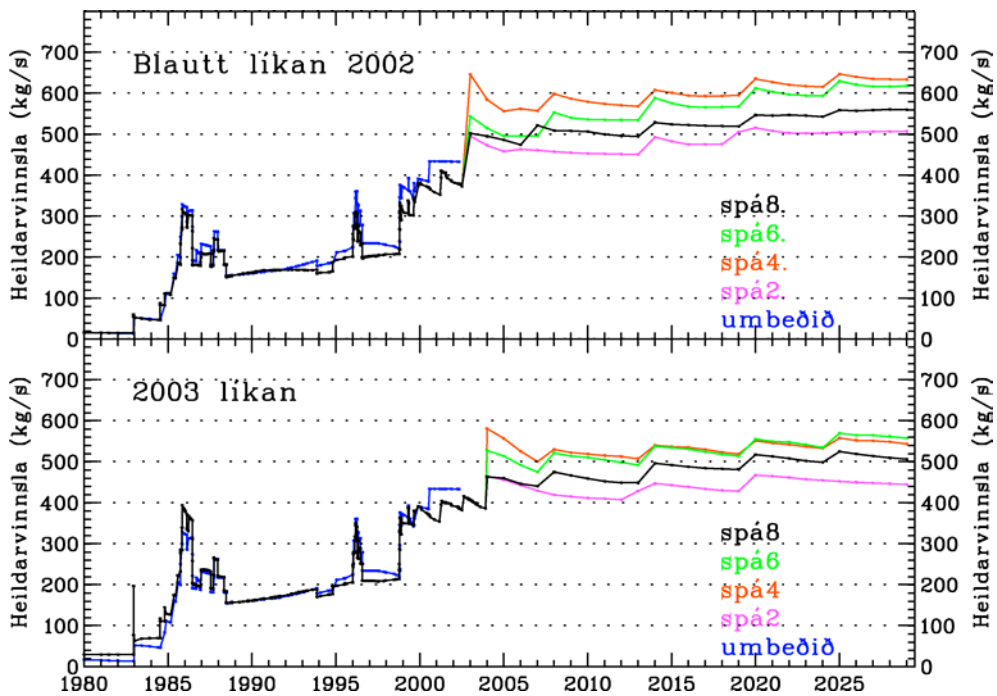


Mynd 22: Mæld og reiknuð gufuvinnsla á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í blauta líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a.

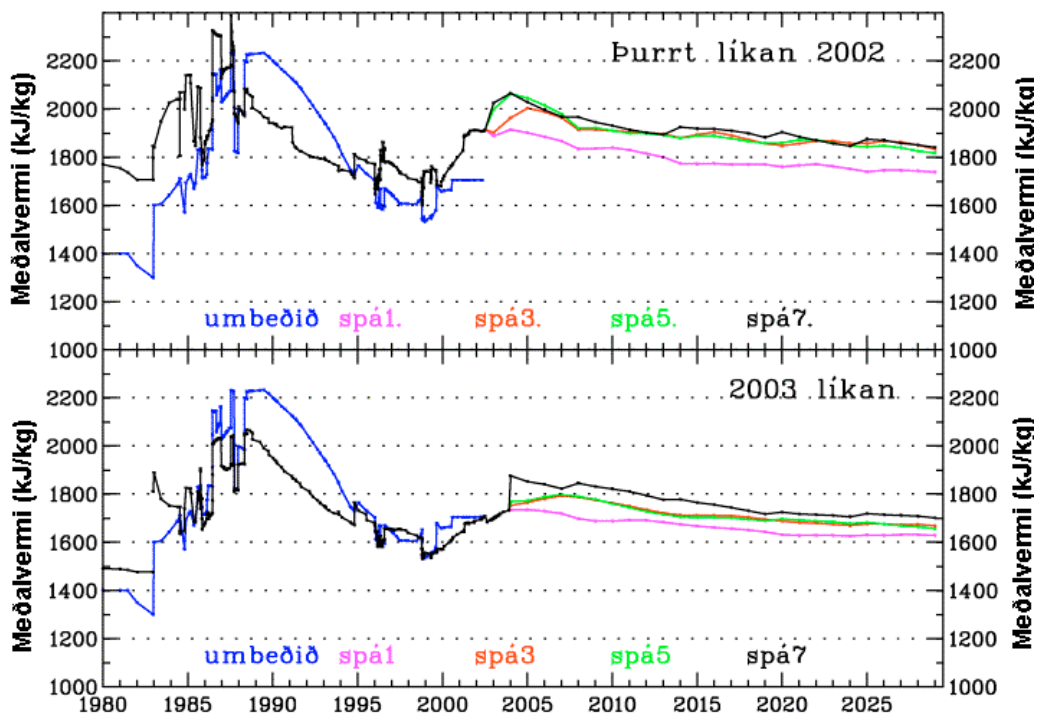


Mynd 23: Mæld og reiknuð heildarvinnsla á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í þurra líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a.

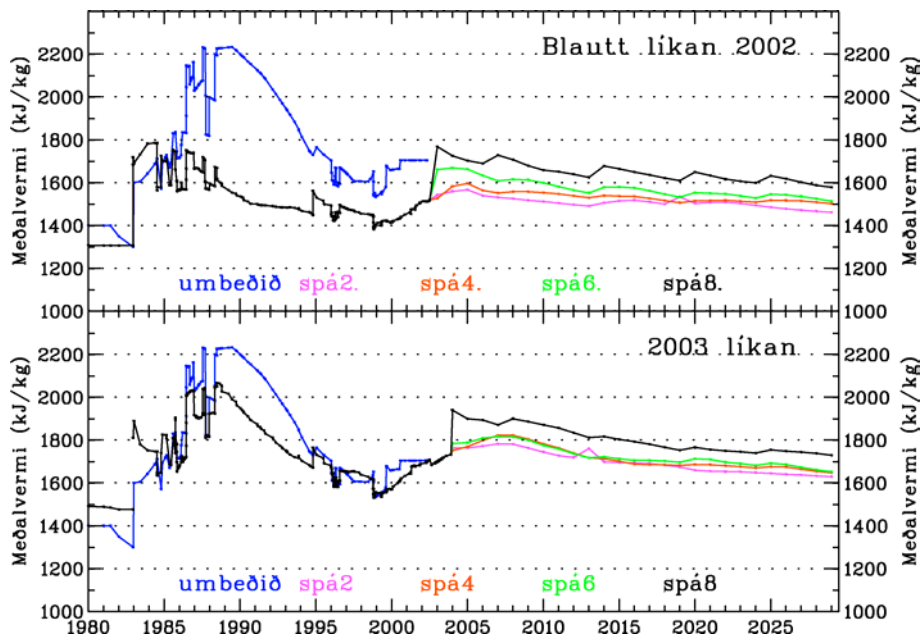




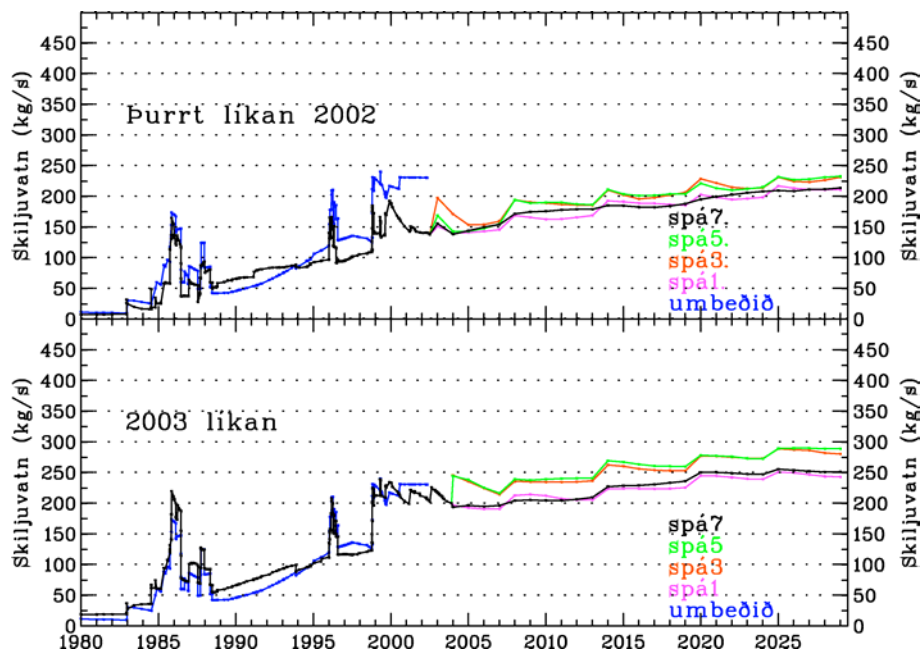
Mynd 24: Mæld og reiknuð heildarvinnsla á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í blauta líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a.



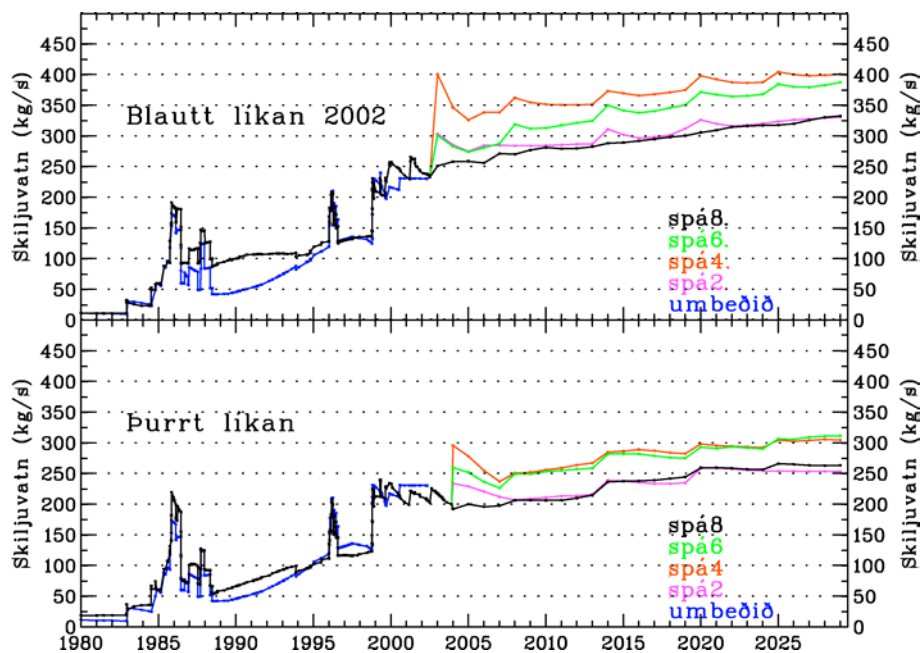
Mynd 25: Mælt og reiknað meðalvermi á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í þurra líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a.



**Mynd 26:** Mælt og reiknað meðalvermi á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í blauta líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a.



**Mynd 27:** Mælt og reiknað rennsli skiljuvatns á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í þurra líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a.



**Mynd 28:** Mæld og reiknuð rennsli skiljuvatns á Nesjavöllum ef miðað er við eiginleika nýrra holna í blauta líkaninu frá 2002. Skilið er við 10 bör-a.

## 8. SPÁR UM FRAMTÍÐARVIÐBRÖGÐ HELLISHEIÐAR

### 8.1. Spátílvik

Tafla 4 sýnir þau 7 spátílvik sem skoðuð voru fyrir jarðhitavirkjun á Hellisheiði. Fyrstu spána má kalla viðmiðunarspá. Í henni er 120 MW raforkuvinnsla í gangi á Nesjavöllum fram til ársins 2035 og engin vinnsla á Hellisheiði á meðan. Þetta er spátílvik númer 5 eins og því var lýst í töflu 3 hér að ofan í kaflanum um Nesjavallaspár. Þetta tílvik verður hér eftir kallað “núllkeyrslan”. Síðan er reiknað ástand Hellisheiðar við ígildi 40, 80 og 120 MW raforkuvinnslu, og að vinnsla á Nesjavöllum haldi áfram í 120 MW. Er þá annars vegar gert ráð fyrir að engin niðurdæling eigi sér stað í Hellisheiðarvirkjun. Hins vegar að nánast öllu skiljuvatni sé dælt niður í 4 staði sunnan þjóðveggar 1 við Hveradali og að vatnið hefji ferð sína 80 °C heitt í dýpsta lagi reiknilíkansins.

Holufjöldi er miðaður við spátílvikin 5\_1 til 5\_3 í töflu 4, þ.e.a.s. tílvikin þar sem engin niðurdæling á sér stað. Sami holufjöldi er einnig að baki spám þar sem niðurdæling er í gangi. Má þannig skoða óbeint ávinning niðurdælingar miðað við sama áfallna kostnað í borsvæði og gufuveitu. Gert er ráð fyrir að virkjað verði á Hellisheiði í þrepum. Fer 40 MW stöð í gang árið 2005, stækkað verði í 80 MW árið 2010 og að 120 MW áfanginn komi í gagnið árið 2015.

**Tafla 4:** Yfirlit um vinnsluspár á Hellisheiði.

Nafn spár	Vinnsla á Nesjavöllum MW rafmagns	Vinnsla á Hellisheiði MW rafmagns	Niðurdæling á Hellisheiði	Virkjun “ræst” árið:	Fjöldi vinnsluholna á Hellisheiði árið 2035
5_0	120	0	Engin	2004	0
5_1	120	40	Engin	2005	11
5_2	120	80	Engin	2010	21
5_3	120	120	Engin	2015	32
5_4	120	40	Allt skiljuvatn	2005	11
5_5	120	80	Allt skiljuvatn	2010	21
5_6	120	120	Allt skiljuvatn	2015	32

## 8.2. Staðalholan

Segja má að reiknilíkan líkt því sem hér er til umfjöllunar hafi þann megintilgang að 1) sýna fram á að jarðhitakerfið sem er til umfjöllunar standi undir þeirri vinnslu sem áformuð er, og 2) að nota megi það til að spá um þann holufjölda sem þarf til að reka áformaða virkjun. Má segja að seinna atriðið sé ekki síður mikilvægt en það fyrra því það leggur grunnin að mati á stofnkostnaði virkjunar og þar með því orkuverði sem þarf til að ná til baka áföllum kostnaði.

Ekki er einhlítt hvernig á að skilgreina þá staðalholu sem boruð verður á Hellisheiði í framtíðinni. Hér var afráðið að einfalda mjög skilgreiningu hennar á þann hátt að gert er ráð fyrir að slík hola sé lóðrétt og skeri öll lögin M, G, L og R í reiknilíkaninu. Heildarvinnsla úr slíkri holu er stillt að u.þ.b. 50 kg/s og er þá miðað við upphaflegt þrýstiástand jarðhitakerfisins á Hellisheiði. Rennsli úr hverju lagi inn til holu hvílir á þrýstimun holu og jarðhitakerfis. Er þá gert ráð fyrir að þrýstingur í blásandi staðalholunni sé fastur allan spátímann en að þrýstingur jarðhitakerfisins verði sá sem reiknilíkanið skilar í hverjum líkanbút og á hverjum tíma.

Massastreymið milli bergs og holu þarf að fara gegnum rennslisviðnám (productivity index). Því útheimtir staðalholan alls 8 ágiskaðar stærðir. Er þeim lýst nánar í töflu 5. Síðast en ekki síst er svo líkansmiða að áætla hvenær nýjar holur fari í gang. Verður að skilgreina slíka tíma beint inn í Fortran hluta iTOUGH2 reikniverksins. Hér var valið að setja nýjar holur í gang á 5 ára fresti, þ.e. árin 2005, 2010, 2015, 2020, 2025 og 2030.



**Tafla 5:** Skilgreining æða í staðalholunni á Hellisheiði. Dæmið er hola HLn14 sem vinnur úr líkanbút #v104 þar sem # vísar til lags (M,G,L eða R).

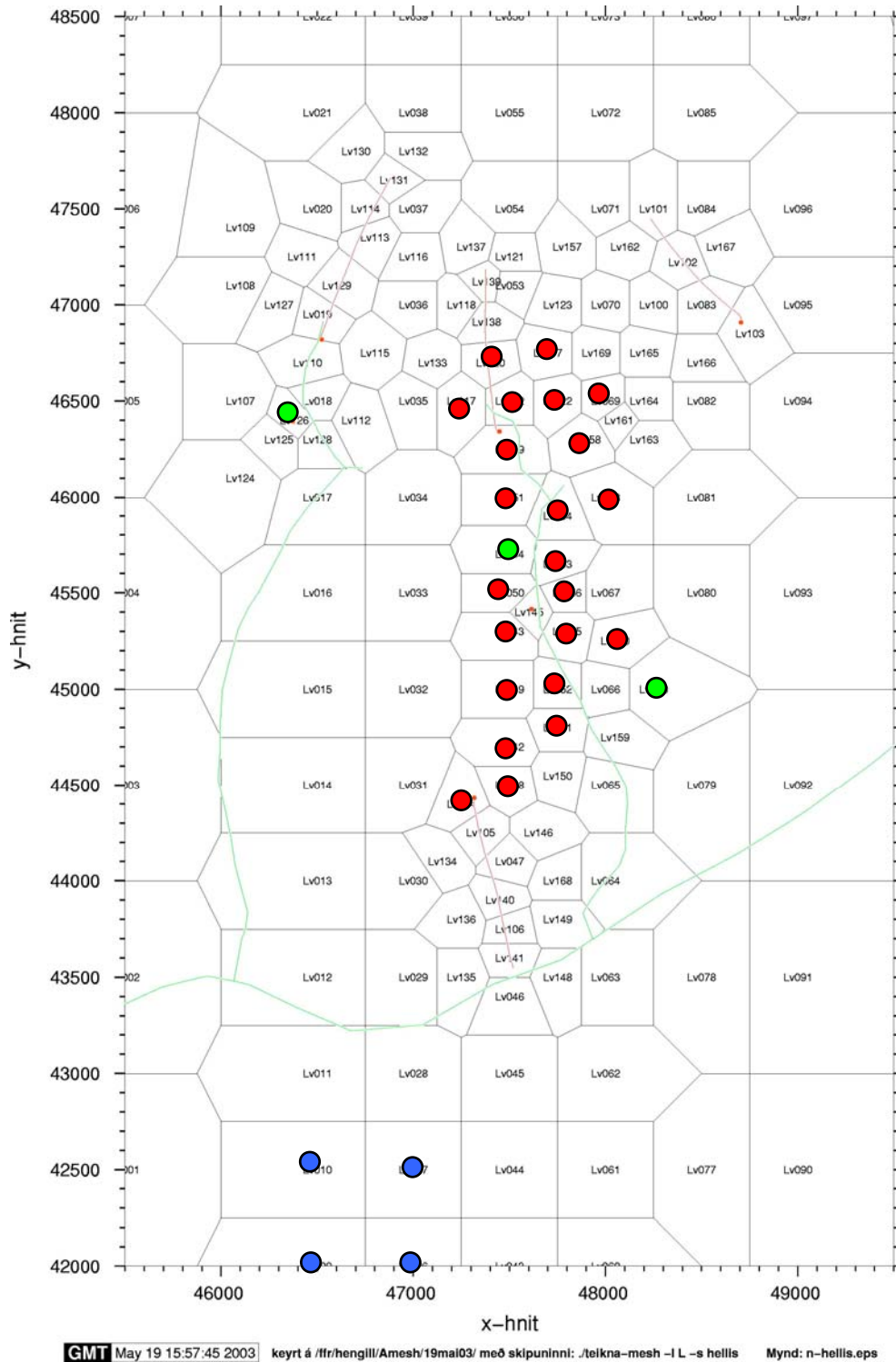
Æð tengist líkanbúti	Holunafn	Gerð	Viðnámsstuðull (m <sup>3</sup> )	Mótþrýstingur í holu (bör-a)
Mv104	HMn14	DELV	2.500E-12	20
Gv104	HGn14	DELV	1.500E-12	25
Lv104	HLn14	DELV	1.500E-12	40
Rv104	HRn14	DELV	1.100E-12	70

### 8.3. Staðsetning nýrra holna

Mynd 29 sýnir hvar nýjar holur eru staðsettar í reiknilíkaninu. Valið var að setja þær langs eftir gossprungunum tveimur á Hellisheiði. Allar eru holurnar settar vestan við meintan vegg sem er talinn til staðar austan gossprungnanna. Skýrir hann hví þrýstingur er miklu lægri í holu HE-3 en í HE holunum vestan veggsins. Framan af vinnslusögunni eru holurnar helst boraðar sunnan Skarðsmýrarfjalls, en á seinni tímum eru nýjar holur settar í sjálft Skarðsmýrarfjallið.

Þá eru einnig sýndar á mynd 29 staðsetning fjögurra niðurdælingaholna, sunnan við þjóðveg 1 um Hveradali. Þær eru látnar tengjast S laginu (1750 m u.s.). Ekki er krítískt fyrir spárnar hvort holurnar eru uppi á Hellisheiði eða undir hlíðinni vestan við. Aðalatriðið er að hámarka fjarlægðina til vinnsluholna og koma vatninu nógu djúpt niður. Niðurdælingavökvanum er skipt bróðurlega milli þessara holna og gert er ráð fyrir að hita niðurdælingarvatnsins samsvari því að það sé búið að fara gegnum varmaskipta í heitavatnshluta orkuvers (~80 °C).

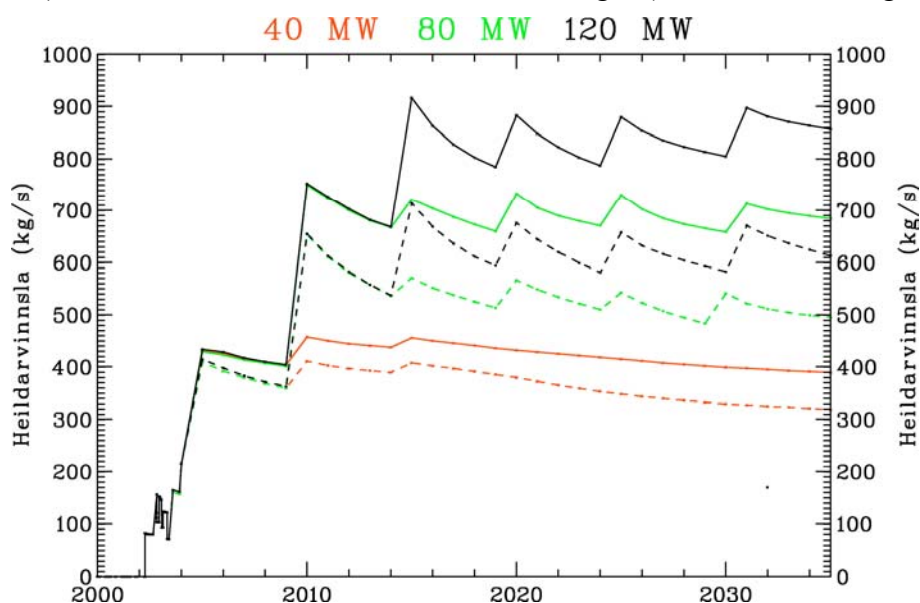
Loks eru sýndar á myndinni þrjár eftirlitsholur. Þær eru ímyndaðar og hafðar hér sem athugunarstaðir með reiknuðum þrýstingi á spátímanum.



**Mynd 29:** Staðsetning nýrra holna á Hellisheiði. Rautt er ný vinnsluhola, blátt niðurdælingarhola og grænt er eftirlitshola.

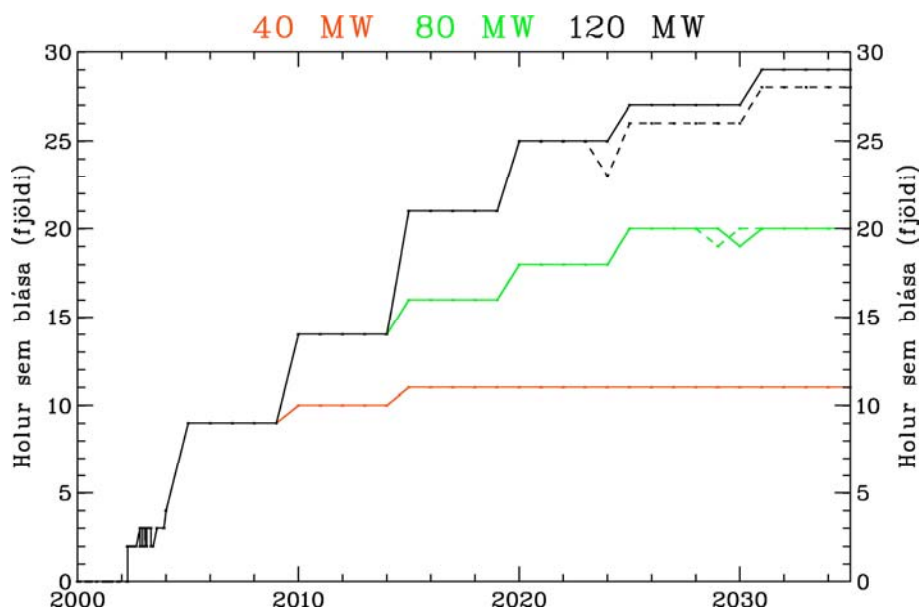
## 8.4. Heildarvinnsla og holufjöldi á Hellisheiði

Mynd 30 sýnir reiknaða heildarvinnslu á Hellisheiði samkvæmt spánum í töflu 4. Í þessari mynd, svo og þeim næstu, vísa rauðir, grænir og svartir litir til 40, 80 og 120 MW rafmagnsframleiðslu. Heilar línur eru spár þar sem dælt er niður en slitnar vísa til spáa án niðurdælingar. Það sem helst vekur athygli í spánum er tvennt. Annars vegar að bora verður viðbótarholur á minnst 5 ára fresti til að mæta dölun í holuafköstum, sem er fylgífiskur hraðs reiknaðs niðurdráttar. Er það rökrétt afleiðing þess að Hellisheiðarjarðhitinn er talinn vera útrennsli öflugs jarðhitakerfis í norðri og að ekki er að vænta þrýstistuðnings úr austri eða suðri. Hins vegar sýnist sem niðurdæling skiljuvatns auki heildarafköst sama borsvæðis um 20-30 % miðað við að engu sé dælt niður. Þannig er sem dæmi hægt að vinna meiri massa úr 80 MW borsvæðinu með niðurdælingu (21 vinnsluhola) en úr 120 MW borsvæðinu án niðurdælingar (32 vinnsluholur í gangi).



**Mynd 30:** Reiknuð heildarafköst Hellisheiðar við mismikla vinnslu og ýmist með (heilar línur) eða án (slitnar línur) niðurdælingar.

Mynd 31 sýnir spá um þann fjölda holna sem þarf til að standa undir vinnslunni á mynd 30. Er þá sem fyrr greinir miðað við staðalholur eins og þær voru skilgreindar í töflu 5. Eins að núverandi HE holur blási allar upp úr miðju ári 2005. Ekki er lagt mat á fjölda niðurdælingarholna né að sumar vinnsluholnanna á Hellisheiði “deyja” reikningslega vegna niðurdráttar. Er því hvorugt inni í heildartölunni. Skemmst er frá því að segja að staðalholan virðist merkilega nærri því að skila 4-5 MW rafmagns að jafnaði og þarf þá u.þ.b. 11 vinnsluholur til að standa undir 40 MW, 21 fyrir 80 MW og 32 fyrir 120 MW.



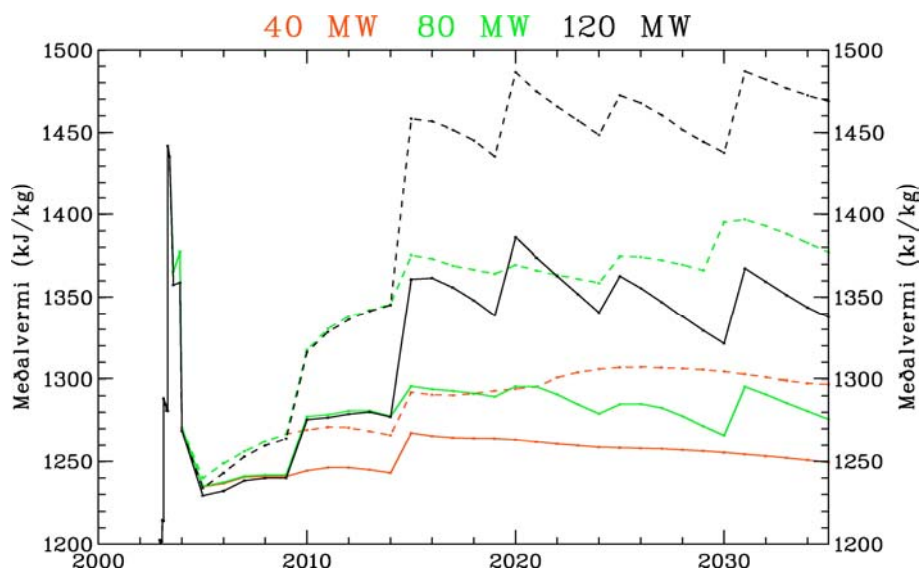
**Mynd 31:** Áætlaður fjöldi blásandi hólna á Hellisheiði og er þá ýmist miðað við spár með (heilar línur) eða án (slitnar línur) niðurdælingar.

## 8.5. Spár um meðalvermi

Mynd 32 sýnir spár um meðalvermi á Hellisheiði. Tvennt er hér sem vert er að nefna.

- 1) Vermið er tiltölulega stöðugt í öllum spám, en reiknast að jafnaði lægra þegar dælt er niður miðað við spár með engri niðurdælingu. Vermismunurinn er eðlilegur og á sér skýringu í annars vegar þrýstimun og þar með misákafri suðu í jarðhitakerfinu, en hins vegar kann að gæta kælingar frá niðurdælingunni. Ef kælingunni er einni kennt um er hún á bilinu 10 til 20 °C.
- 2) Staðsetning nýrra hólna er áhrifaþáttur í spánum. Er líklegt að reiknuðu vermi sé hér haldið háu með því að þróa borsvæðið til norðurs með tímanum, inn undir Skarðsmýrarfjall. Sárlega vantar fleiri hólar og lengri vinnslusögu til að meta þetta nákvæmar. Ánægjulegt er hins vegar að sjálfur varmafordinn á Hellisheiði virðist þola allt að 120 MW vinnslu í 20-30 ár, þó enn sé veruleg óvissa í hvort og þá hvernig hægt sé að gata Heiðina svo norðarlega með nýjum holum. Þessa óvissu leiðir eðlilega yfir í ákvarðanatöku um virkjanaáfang. Má segja að því hraðar sem eigi að virkja, því hærra orkuverð þurfi til að hámarka líkurnar á að fjárfestingin skili sér.





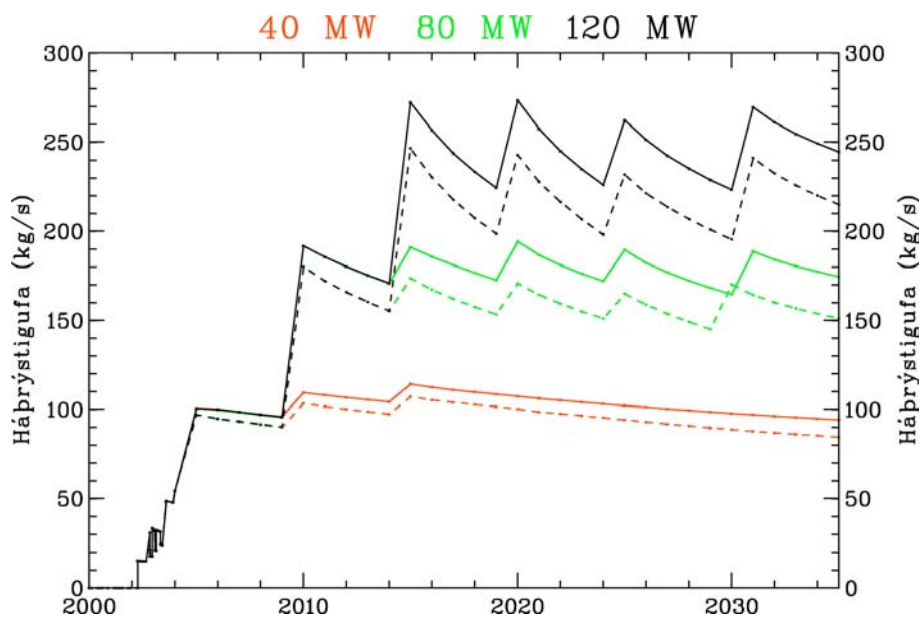
**Mynd 32:** Reiknað meðalvermi á Hellisheiði við mismikla vinnslu og ýmist með (heilar línur) eða án (slitnar línur) niðurdælingar.

## 8.6. Spár um rennsli háþrýstigufu

Mynd 33 sýnir hvernig rennsli háþrýstigufu er talið þróast í framtíðinni. Fyrst ber að nefna að 40 MW virkjunin virðist á þessari stundu ágætlega fýsileg. Þannig er lækkun í rennsli hæg með tímanum og u.þ.b. helmingur vinnslunnar kemur úr holum sem búið er að bora og teljast því vel þekktar miðað við óboruðu staðalholuna. Þá sýnir myndin að niðurdæling skiljuvatns kann að reynast ígildi 10 kg/s viðbótarrennslis af háþrýstigufu og yfir 50 kg/s í heildarrennsli. Er þá miðað við sömu fjárfestingu í vinnslusvæði sem skilar 40 MW án niðurdælingar. Bora þarf sína viðbótarholuna hvora árin 2010 og 2015 auk nýborana fram til ársins 2005 þegar 40 MW orkuverið er ræst í líkaninu.

Ef vinnslan er aukin í 80 MW árið 2010, er þörf á talsverðum fjölda viðbótarholna auk þess sem gufurennslu fellur hratt, aðallega sökum þrýstiniðurráttar. Niðurdælingarkerfi bætir við u.þ.b. 20-30 kg/s rennsli af háþrýstigufu miðað við dæmið án niðurráttar. Kann hún þannig að hækka orkugetu vinnslusvæðisins úr 80 í 95 MW. Heildarrennsli eykst að sama skapi um 150-200 kg/s.

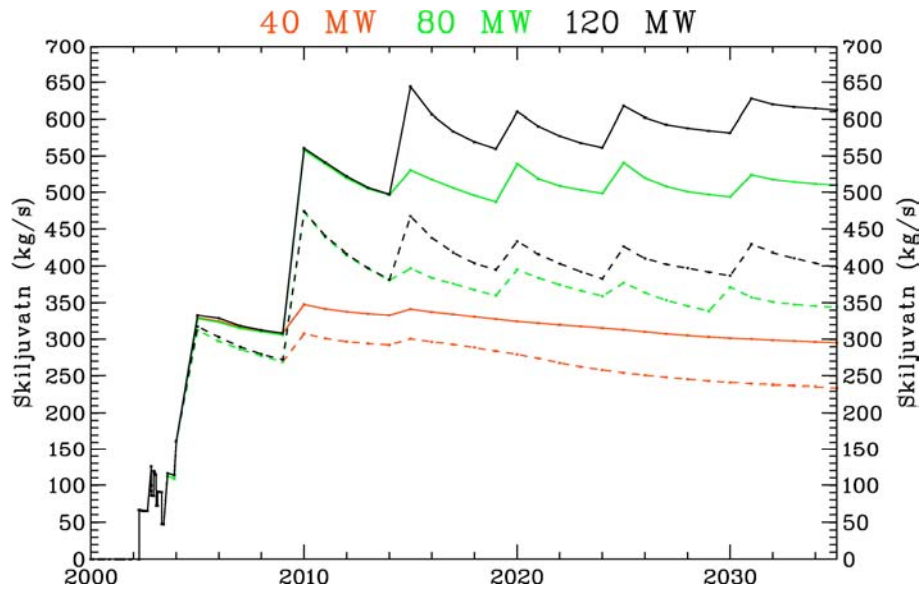
Loks sýnist sem 120 MW stöðin gangi hart að vökvaförðanum á Hellisheiði en ekki endilega sjálfri varmanámunni. Reiknast árlega e.t.v. 10 kg/s dvínun í gufurennslu. Mikla framkvæmdadirfsku þarf til, ef nota á þessa spá til ákvörðunar um byggingu svo stórs orkuvers nú. Slík er óvissan um holufjöldann og þar með stofnkostnaðinn. Einungis lengri vinnslusaga (svo teljist í árum) og fleiri holur koma til með að draga úr þeirri óvissu. En sem áður sagði sýnist hins vegar sem fundin sé varmanáma til að standa undir svo stóru orkuveri. Er því ástæðulaust annað en að halda þessum möguleika inni sem langtímamarkmiði í rekstri og uppbyggingu Hellisheiðarvirkjunar.



**Mynd 33:** Reiknað rennsli háprýstingufa á Hellisheiði við mismikla vinnslu og ýmist með (heilar) eða án (slitnar línur) niðurdælingar. Skilið er við 10 bör-a.

## 8.7. Spár um rennsli skiljuvatns

Mynd 34 sýnir hvernig spáð er um rennsli skiljuvatns til Hellisheiðarvirkjunar í framtíðinni. Hér sést vel að ávinningur niðurdælingar virðist hvað mestur fyrir heitavatnshluta fyrirhugaðrar virkjunar. Þannig kann skiljuvatnsstreymið að aukast um allt að 50 % í 120 MW dæminu. Þessi niðurstaða hlýtur að vera mikilvæg fyrir áformaða virkjun. Telst nú líklegra en ólíklegra að skilgreina megi jarðhitakerfið á Hellisheiði sem vænlega varmauppsprettu til áratuga húshitunar á höfuðborgarsvæðinu. Sú stefna Orkuveitunnar að leggja áherslu á Hellisheiðarkerfið sýnist því rétt og eðlileg.



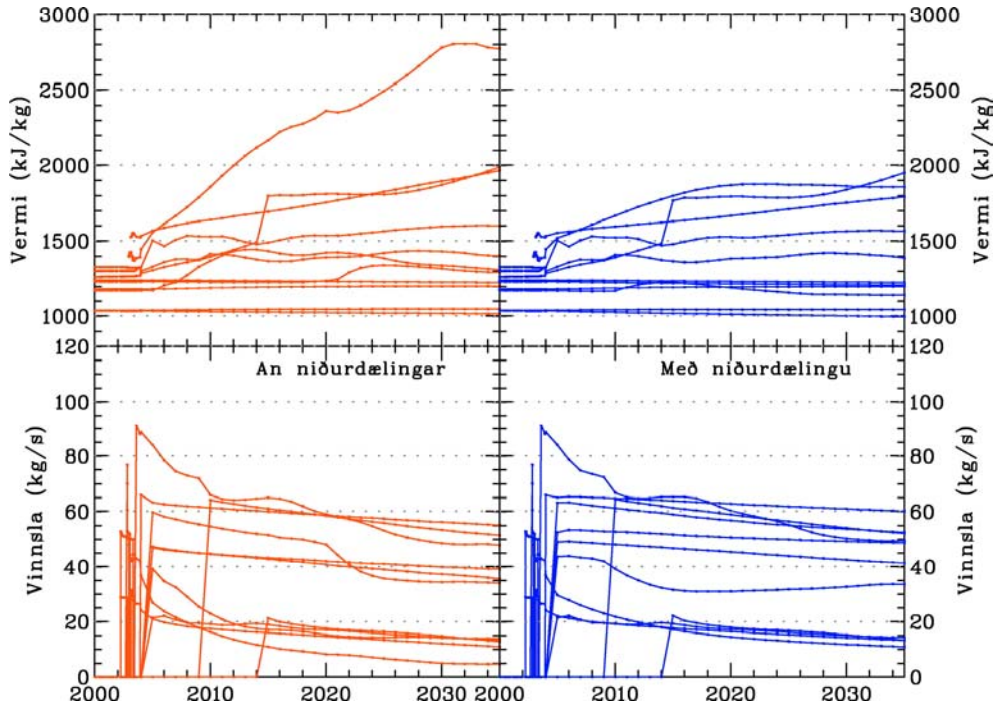
**Mynd 34:** Reiknað rennsli skiljuvatns á Hellisheiði við mismikla vinnslu og ýmist með (heilar) eða án (slitnar línur) niðurdælingar. Skilið er við 10 bör-a.

## 8.8. Frammistaða einstakra holna á Hellisheiði

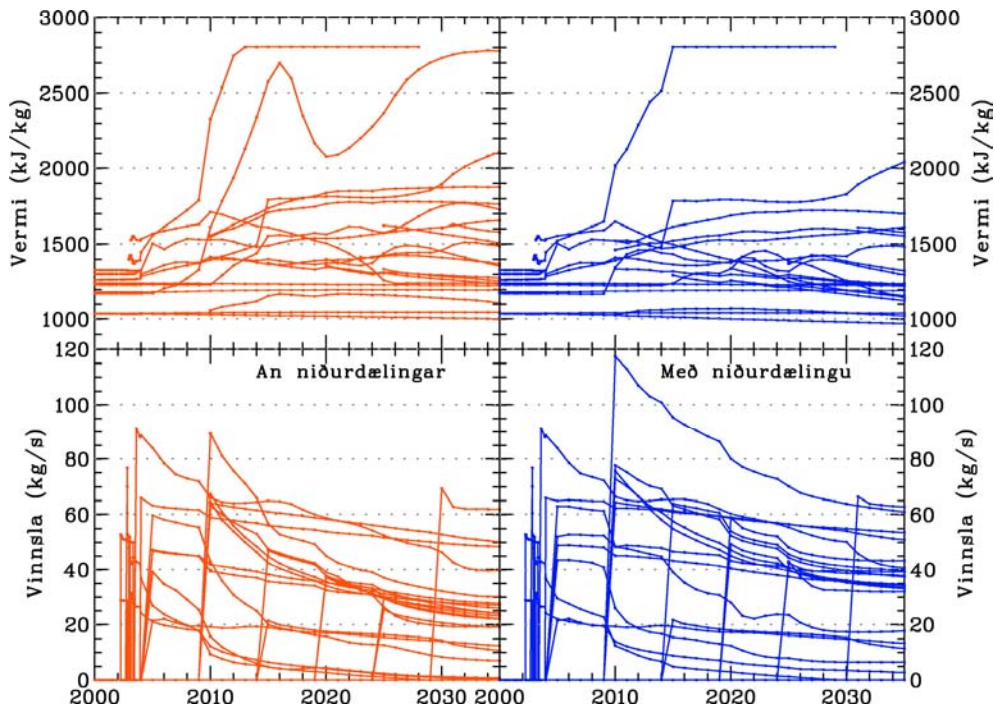
Myndir 35 til 37 sýna, í einni bendu, hvernig holurnar á Hellisheiði standa sig í vinnsluspánum sex. Með þessu má fá yfirlit um hvernig holur koma til með að hegða sér með tímanum. Stórt séð er fátítt að spáð sé vermi mikið hærra en 2000 kJ/kg, nokkur dæmi eru um vermi milli 1500 og 2000 kJ/kg, en langflestum holum er síðan spáð vermi milli 1000 og 1500 kJ/kg. Að sama skapi heyrir til algerrar undantekningar að vermi sé spáð neðan 1000 kJ/kg næstu 30 árin.

Hér er rétt að hafa bak við eyrað að líkanið er einporu gerðar, þ.e. vökvi streymir jafnt um allar porur bergsins. Þar sem kæling á sér stað, t.d. vegna niðurdælingar, er grunnjöfnum TOUGH2 hagað þannig að reiknaður er meðalhiti alls kubbsins sem dælt er í. Svo þarf þó ekki að vera í náttúrunni, heldur kann niðurdælingarvatnið að flæða hratt um sprungur inn í heita borsvæðið, án þess að hirða jafn mikinn varma úr niðurdælingasvæðinu og TOUGH2 myndi reikna í sinni einporu forsendu. Brýnt er því að hugsa fyrir niðurdælingu eins snemma og hægt er í uppbyggingu Hellisheiðarvirkjunar. Ætti slíkur rekstur að afla þeirra forsendna sem þarf fyrir farsæla hönnun niðurdælingakerfis, kerfis sem kann að vera lykilatriði í því að reka megi mjög stóra virkjun á Heiðinni.

Þá er fróðlegt að skoða hvernig rennslið hegðar sér. Fyrst ber að nefna að góður sjónarmunur er á heildarrennsli eftir því hvort dælt er niður eður ei (holurnar eru jafn margar í hvoru tilviki). Verður munurinn því meiri sem meira er tekið upp. Þá virðist sem sumar holnanna syðst á Hellisheiði geti dalað um allt að helming í heildarrennsli út spátímann. Holur norðar standa sig hins vegar betur. Sem dæmi eru spáholur undir Skarðsmýrarfjalli, sem eru ræstar um og eftir 2020, að skila 50-60 kg/s. Veldur hér að besti þrýstistuðningurinn við vinnslu á Hellisheiði kemur úr norðri, frá Hengli. Eins verður að benda á að í 120 MW dæminu, án niðurdælingar, er því spáð að örfáar holur hætti að blása vegna þrýstifalls í jarðhitakerfinu.

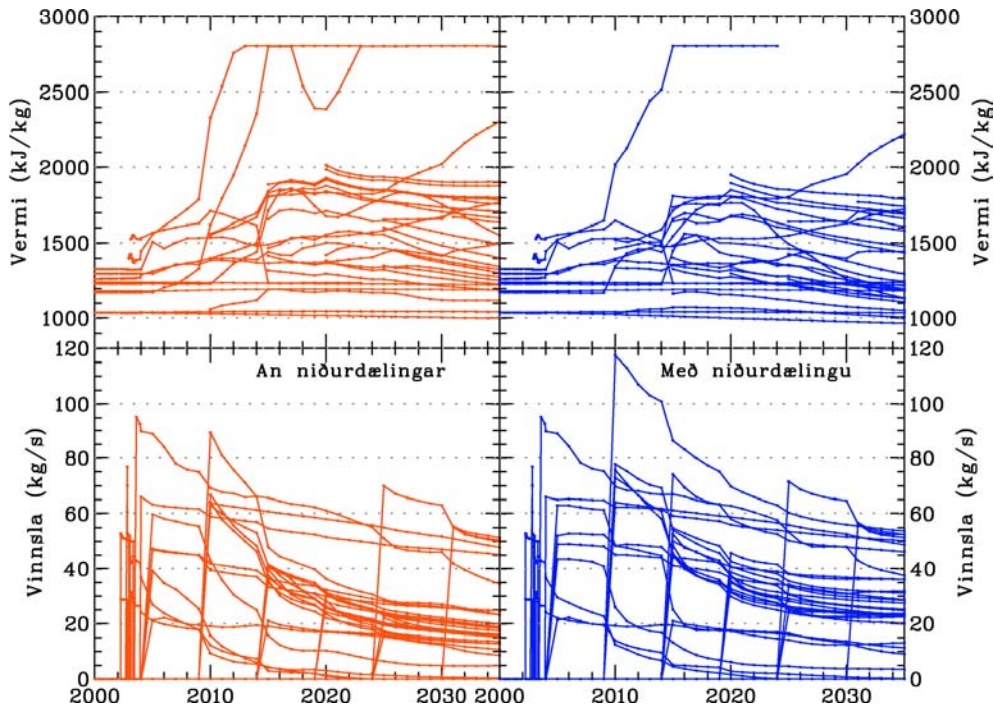


**Mynd 35:** *Vinnslusaga allra holna á Hellisheiði í 40 MW spánni.*



**Mynd 36:** *Vinnslusaga allra holna á Hellisheiði í 80 MW spánni.*





**Mynd 37:** Vinnslusaga allra holna á Hellisheiði í 120 MW spennni.

## 9. SPÁR UM SAMGANG NESJAVALLA OG HELLISHEIÐAR

Mynd 38 sýnir reiknað rennsli háþrýstigufu á Nesjavöllum næstu 30 árin, við mismikla vinnslu á Hellisheiði en fasta 120 MW vinnslu á Nesjavöllum. Sú athyglisverða niðurstaða fæst út úr reiknilíkaninu, að Hellisheiðarvinnslan hefur sáralítill áhrif á gufuframleiðslu Nesjavalla. Er helst að áhrifa taki að gæta eftir árið 2025. Kann það að fara heim og saman við að nýju Hellisheiðarholurnar eru settar norðar (og nær Nesjavöllum) eftir því sem líður á spátímann. Hér er um mikilvæga niðurstöðu að ræða sem hlýtur að vera mikils virði þegar hugsað er til framtíðarmöguleika á Hengilssvæðinu. Svo virðist nefnilega sem uppstreymissvæðið undir Hengli, eins og það er skilgreint í reiknilíkaninu, þoli mikla vinnslu. Jafnframt leiðir það illa þrýsting milli Nesjavalla og Hellisheiðar, sökum rýmdar sem stafar af útbreiddri suðu í jarðhitakerfinu næst uppstreyminu. Svæðin tvö megi því þróa og reka tiltölulega óháð hvort öðru næstu 30 árin.

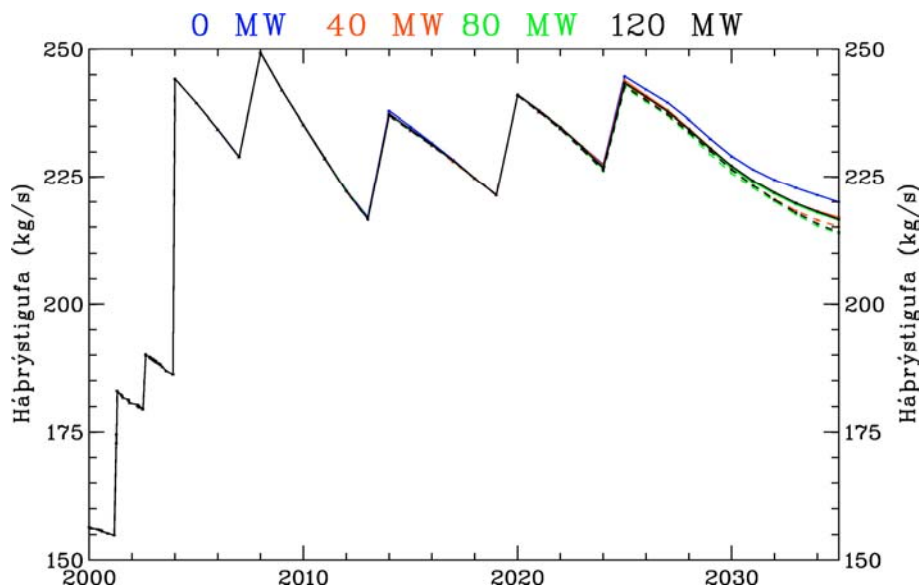
Sjálfsgagt og eðlilegt er að gagnrýna þessa niðurstöðu sem frekast má, því ef hún er röng kann hún að leiða til þess að vinnslugeta Hengilskerfisins sé í heild sinni ofmetin, sem aftur kann að leiða til offjárfestingar í virkjunum. Á móti verður að segja að ýmsar niðurstöður mælinga styðji þessa tilgátu, t.d.:

- Niðurdráttur á Kolviðarhóli frá 1986 mælist enginn en kann að ná 1 bari ef allar óvissur eru túlkaðar á versta veg. Reiknilíkanið spáir hálfu bari árið 2003.
- Kolviðarhólsholan er í góðu þrýstisambandi a.m.k. við holu HE-5 og jafnvel einnig holu HE-6. Það leiðir til þeirrar ályktunar að holan skynji vel þrýstibreytingar í sprungustykkinu á Hellisheiði. Því er hægt að útiloka að hinn

óverulegi niðurdráttur í Kolviðarhóli sé afleiðing þess að vatnskerfið við holuna sé ótengt sprungustykkinu í Hengli, og þar með vinnslunni á Nesjavöllum.

- Hér náðist að túlka hitaviðsnúninginn á Hellisheiði þannig að kaldari vökví rennur inn undir Hengilinn úr suðri, hitnar þar vel yfir 330 °C vegna blöndunar við sjóðheitt uppstreymi og rennur síðan grunnt til suðurs á nýjan leik. Talsverða lekt og náttúrulega hringrás vatns þarf í víðáttumiklu kerfi til að þetta gangi upp. Það leiðir aftur til þess að vinnslugetan reiknast allnokkur.

Óvissan sem leiðir af tilgátunni um óverulegan þrýstisamgang Nesjavalla og Hellisheiðar, verður best eytt með því að áfangaskipta virkjunum á Hellisheiði. Nota svo tímamann milli virkjanaáfanga til að mæla og herma nákvæmlega viðbrögð kerfanna við breytilegri vinnslu. Þá má huga að möguleikanum á að bora eftirlitsholur víðar á Hengilssvæðinu en nú er. Má þar benda á að hola KHG-1 á Kolviðarhóli kann að teljast ein “besta heppnaða” háhitaholan á svæðinu nú á tímum, eingöngu vegna þrýstisögunnar úr henni sem er talin sýna að vinnsla á Nesjavöllum hafi óveruleg áhrif á Hellisheiði og öfugt.



**Mynd 38:** Flæði háþrýstingufa á Nesjavöllum við mismikla vinnslu á Hellisheiði.

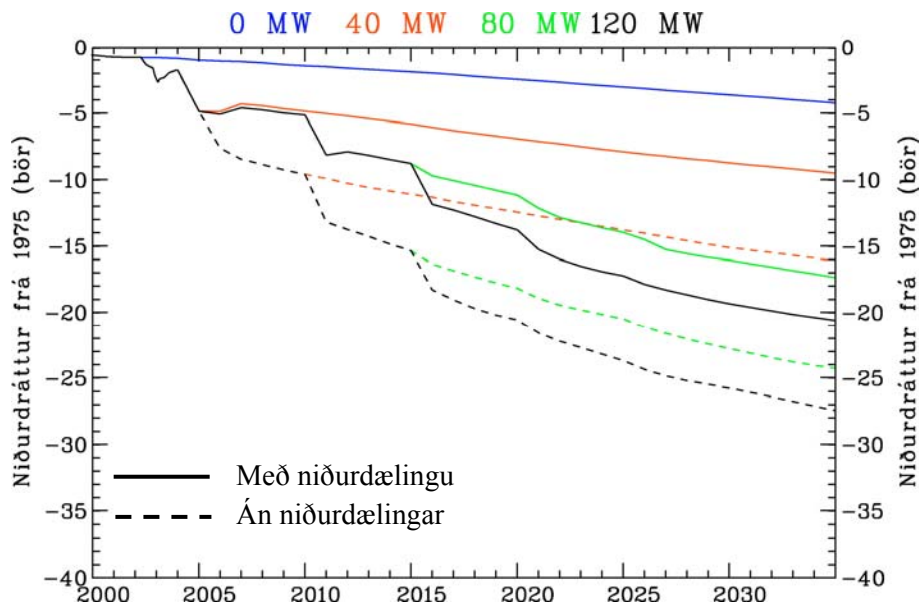
## 10. ÞRÝSTISAMGANGUR MILLI SVÆÐA

Myndir 39-44 sýna reiknaðan niðurdrátt í 6 ímynduðum eftirlitsholum sem tengjast L laginu og eru staðsettar á Ölkelduhálsi, 3 eru á Hellisheiði, ein á Nesjavöllum og ein í Hveragerði.

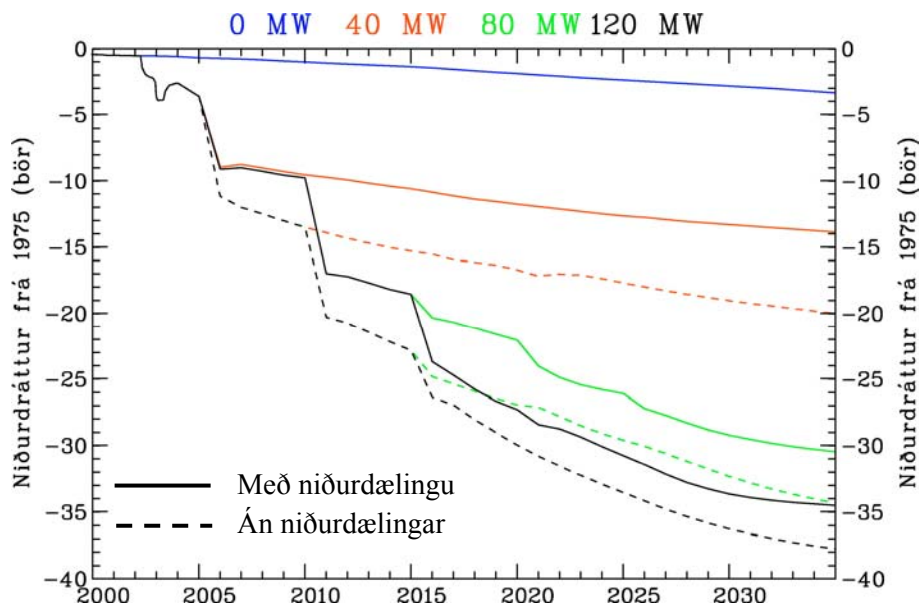
Skal hér fyrst ræða þrýstispár í “eftirlitsholunum” þremur á Hellisheiði sem sýndar eru á myndum 39 til 41 (sjá staðsetningu þeirra á mynd 29). Sést að niurdæling hækkar svæðisþrýstinginn um 5 til 10 bör frá því sem yrði án niurdælingar, og þá einna mest í vestri. Þá fellur þrýstingurinn í vestri um 10-15 bör (mynd 39), um allt að 35 bör inni í sjálfu vinnslusvæðinu (mynd 40) en einungis um tæp 10 bör austast á Hellisheiði (mynd

41). Er þá miðað við breytinguna frá núllkeyrslunni (þ.e. 120 MW á Nesjavöllum og engin vinnsla á Hellisheiði).

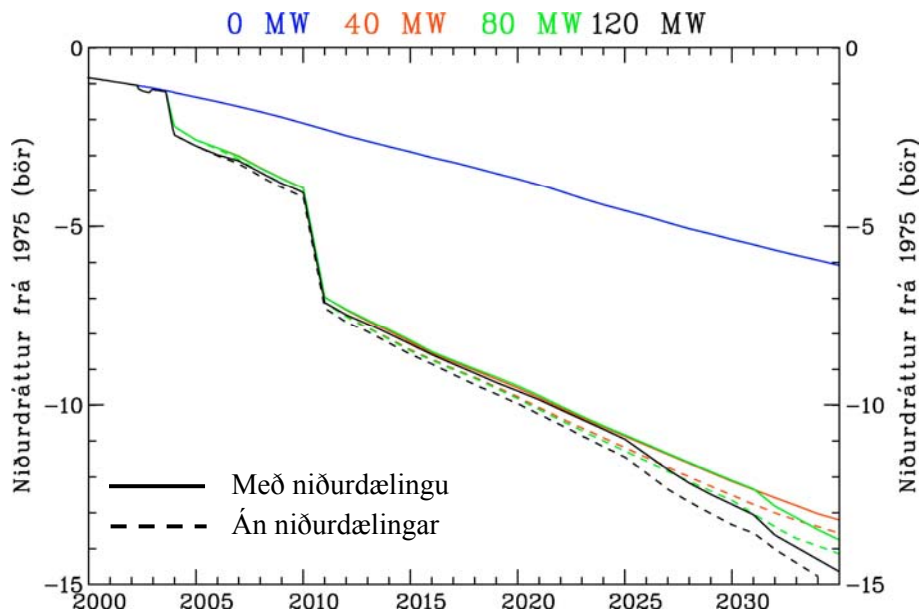
Athyglisvert er á myndunum að núllkeyrslan hefur fellt þrýsting á Hellisheiði á bilinu 0,5 til 1 bar, og að þrýstifallið reiknast 3-6 bör í sprungurein gosbeltisins árið 2035. Eins er vert að nefna að sáralítill þrýstibreyting er milli spátílvika í austustu Hellisheiðarholunni (mynd 41). Sýnist fremur sem að þrýstingur falli þarna í tengslum við að einstakar holur byrji að blása, sér í lagi árið 2010. Kennir hér væntanlega skilveggsins sem er í lekt milli þessa staðar og borholnanna sem eru látnar sjá Hellisheiðarvirkjun fyrir gufu í vinnsluspánunum. Stökkin tvö niður á við í þrýstingi verða þá þegar 2-3 holur blása austan skilveggsins.



Mynd 39: Reiknaður niðurdráttur vestast í Hellisheiði (Kolviðarhóll).

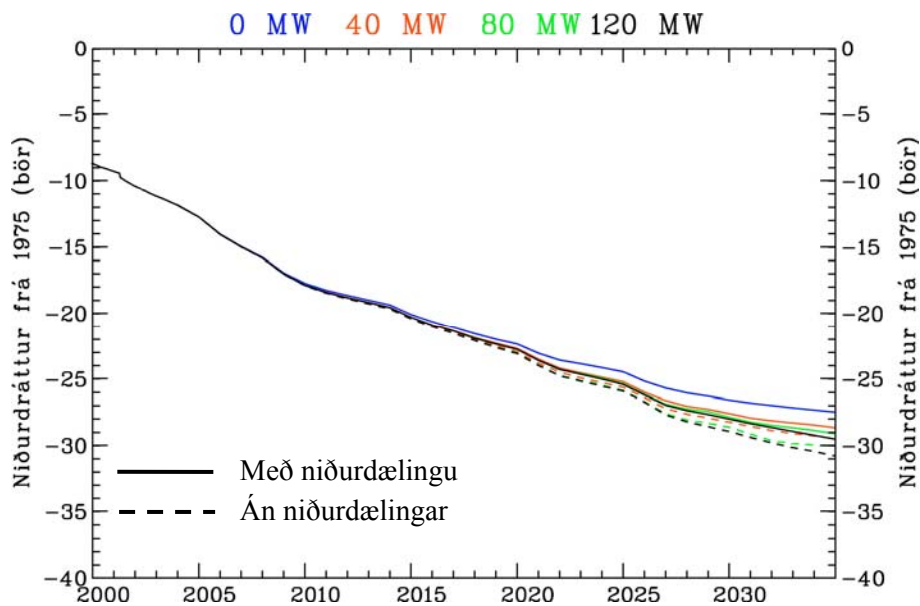


Mynd 40: Reiknaður niðurdráttur á miðri á Hellisheiði (NNV holu HE-7).



**Mynd 41:** *Reiknaður niðurdráttur austan við skilvegginn á Hellisheiði.*

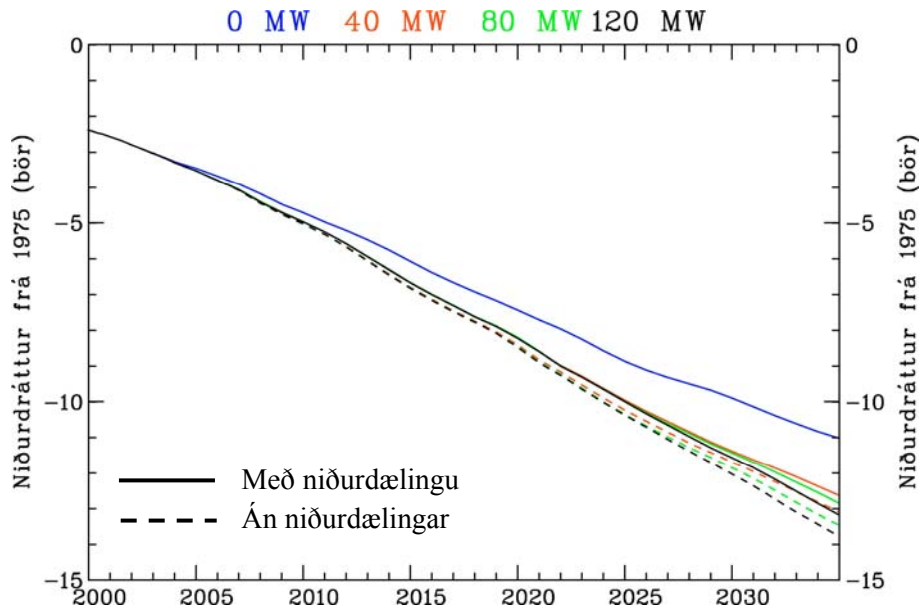
Mynd 42 sýnir reiknaðan niðurdrátt á Nesjavöllum fyrir Hellisheiðarspákeysrlurnar í töflu 4. Hér hnappa þrýstiferlarnir sig saman í einn vöndul og bæta í mesta lagi 3-4 börum við þau annars u.þ.b 30 bör sem komin eru í niðurdrátt vegna vinnslunnar á Nesjavöllum árið 2035.



**Mynd 42:** *Reiknaður niðurdráttur innan Nesjavalla.*



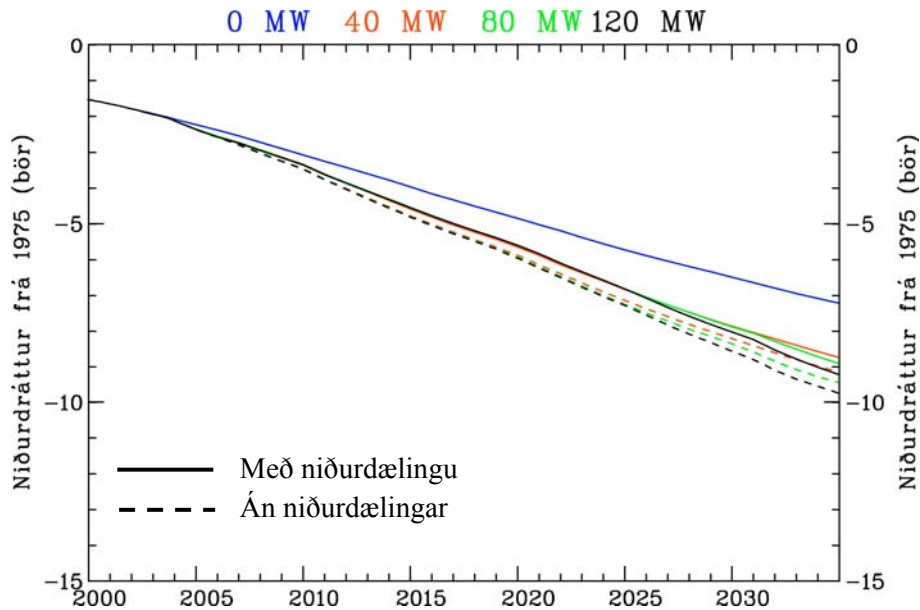
Mynd 43 sýnir reiknaðan niðurdrátt á Ölkelduhálsi fram til 2035. Hér er svipuð saga á ferð og tilviki Nesjavalla, sem sé að vinnslunnar á Hellisheiði gætir lítt. Eykur hún tæpast niðurdráttinn um meira en 2-3 bör frá því sem er í núllkeyrslunni. Þá er rétt að benda á að mældur þrýstingur á Ölkelduhálsi hefur breyst lítið frá því hola var boruð árið 1995. Er helst að breyting hafi orðið upp á 1-2 bör sumarið 1998, þegar Bitrusprungan hreyfðist í mikilli skjálftahrinu. Allar líkur eru því á að þrýstifall vegna Nesjavallavinnslunnar sé ofmetið á Ölkelduhálsi, þegar mið er haft af mælingum leiðréttum fyrir áhrifum jarðskorpuhreyfinga. Jafnframt kann viðbótarþrýstifallið frá núllkeyrslunni að stafa frá blæstri örfárra holna austan skilveggjarins á Hellisheiði.



**Mynd 43:** Reiknaður niðurdráttur á Ölkelduhálsi (hola ÖJ-1).

Mynd 44 sýnir loks spár um þrýstibreytingar í Hveragerði. Er hér nánast endurtekið efni frá Ölkelduhálsi, utan að þrýstibreytingarnar eru um þriðjung minni vegna aukinnar fjarlægðar frá vinnslunni á Nesjavöllum og á Hellisheiði. Er niðurstaðan að Hellisheiðarvirkjun ein og sér hafi lítil og ef einhver, mjög hægfara áhrif á þrýsting í Hveragerði. Reiknuð áhrif Nesjavalla eru einnig ofmetin því niðurdráttur reiknast 2,5 bör þegar árið 2000.

Sem áður er getið er enn talsvert í land að líkanið hermi vel þau gögn sem eru til staðar austan Bitrusprungunnar. Verður reyndar erfitt að ná samræmi þarna nema með sérstöku uppstreymi norðan Hveragerðis. Má segja að núverandi gerð reiknilíkansins ofmeti því áhrif Nesjavallavinnslunnar á þessu svæði og að ef áhrif komi fram verði þau minni en sýnt er á myndum 43 og 44.



Mynd 44: Reiknaður niðurdráttur í Ölfusdal, norðan Hveragerðis.

## 11. ENDURNÝJANLEIKI, SJÁLFBÆRNI OG AFTURKRÆFNI

Það sem af er þessari skýrslu hefur umræðan snúist um hermun mælinga í reiknilíkani af Hengilssvæðinu og hvernig unnt er að nýta líkanið til að spá fyrir um hvort hægt sé að reka þokkalega arðbærar jarðhitavirkjanir. Til að mynda eru spár látnar ná á móta langt fram í tímann og afskriftatími virkjananna (20-30 ár). Nú kunna margir að spyrja hvað taki þá við. Hvort búið sé að klára orkuna úr jarðhitakerfunum og að slökkva þurfi á virkjununum að þessum tíma liðnum. Eða þá hvort svæðin verði það slöpp að orkuverð virkjana tengd þeim þurfi að vera hátt. Í báðum tilvikum hafi núlifandi kynslóð því rýrt möguleika komandi kynslóða á að nýta þessi sömu svæði.

Í þessum kafla verður gerð tilraun til að meta langtímaáhrif, sjálfbærni, afturkræfni og endurnýjanleika fyrirhugaðrar orkuvinnslu á Hellisheiði og á Nesjavöllum. Sér í lagi verður skoðað hvort fyrirhugaðar virkjanir eigi eftir að skerða afkomumöguleika komandi kynslóða. Aðferðafræðin byggir á að skoðaðar eru nýlegar skilgreiningar Orkustofnunar á sjálfbærri orkuvinnslu og endurnýjanlegum jarðhitakerfum. Þær eru síðan bornar saman við skilgreiningu Bandaríkjamanns á sjálfbærni þar sem vinnsla er flokkuð í að vera hógvær eða ágeng. Því næst er skoðað hvernig reiknilíkanið af Hengli bregst við algerri stöðvun vinnslu árið 2036, með áherslu á endurnýjun þrýstings, vökvaforða og orkuforða. Þessar forðastærðir eru settar í samhengi við skilgreiningarnar á sjálfbærri orkuvinnslu. Loks er tæpt á heilsu jarðhitakerfanna í Hengli árið 2036 og mögulegri vinnslu að þeim tíma liðnum.

Rétt er að minna á að háhitasvæðin má skilgreina sem hluta af orkukerfi eldfjalla. Um þau fer aðeins örlítill hluti þess massa-, varma- og efnastraums sem er eldfjöllunum eðlilegur. Deila má um hvort endurnýjanleikann og sjálfbærnina eigi að skoða í kerfi alls eldfjallsins eða aðeins þess hluta sem við skilgreinum sem jarðhitakerfi. Þannig er trúlegt að jarðhitavinnsla mannsins sé hverfandi í samanburði við orku- og massastrauma eldfjallsins á tímaskala sem nær yfir mörg kvikuhlaup. Á hinn bóginn

ætti sjónarhorn sem snýr að háhitakerfinu einu að teljast mjög þröngt og varfærið. Falli það þannig að þeirri vinnureglu umhverfisfræða að vafaatriði séu túlkuð náttúrunni í hag. Verður svo gert hér, að mati höfunda.

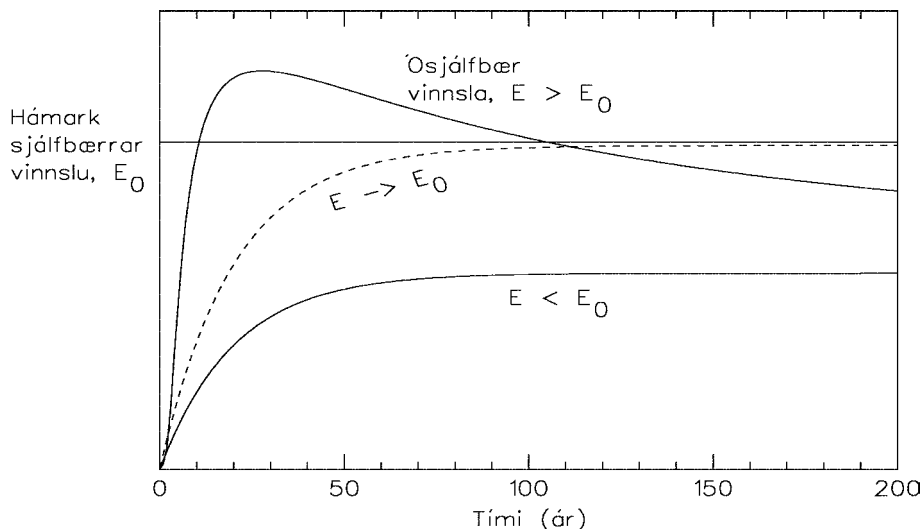
### 11.1. Skilgreiningar vinnuhóps Orkustofnunar

Auðlindadeild Orkustofnunar starfrækti árin 2000 og 2001 vinnuhóp sem hafði það verkefni að 1) skilgreina hugtakið sjálfbær nýting jarðhita og 2) fjalla um endurnýjanleika jarðhitans ásamt því að ákvarða hvernig endurnýjanleikinn tengist sjálfbærri nýtingu hans.

Niðurstöðum hefur verið skilað í tveimur greinargerðum (Guðni Axelsson o.fl., 2001a og 2001b). Ef fyrst er litið til hugtaksins sjálfbærni, þá komst vinnuhópurinn að neðangreindri niðurstöðu. Tekur skilgreiningin þá hvorki til hagrænna atriða né umhverfismálefna, en búast má við að slíkir þættir sveiflist mikið í tímans rás.

*Fyrir sérhvert jarðhitasvæði og sérhverja vinnsluaðferð er til ákveðið hámarks-vinnslustig,  $E_0$ , 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 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. Hámarks-gildi sjálfbærrar vinnslu,  $E_0$ , er óþekkt fyrirfram en má meta út frá þekktum gögnum, til að mynda líkanreikningum. Mynd 45 sýnir meginrættina í skilgreiningu vinnuhópsins á sjálfbærri nýtingu.



**Mynd 45:** Skýring hugtaksins sjálfbær vinnsla jarðhita (Guðni Axelsson o.fl., 2001a).

Vinnuhópurinn tók sem dæmi í sinni umfjöllun heitavatnsvinnslu úr Laugarnessvæðinu í Reykjavík, en hún hefur staðið samfellt í ríflega 70 ár. Upphaflega byggði vinnslan á

sjálfrennsli úr borholum en upp úr árinu 1960 er vinnslan tífölduð með dælingu. Við það féll vatnsborð í svæðinu að nýju jafnvægi kringum 50 m u.s. Hefur svo verið um nærfellt 30 ára skeið. Er þetta talið sýna að afkastageta jarðhitasvæða geti vaxið við aukna vinnslu, að því gefnu að jaðrar þeirra séu nægjanlega lekir til að bæta jarðhitakerfinu í sífellu upp það vatnsmagn sem tekið er úr borholum. Jafnframt má álykta hér að gildið fyrir hámark sjálfbærrar vinnslu,  $E_0$ , sé háð tækniþróun og að það geti hækkað með vaxandi reynslu og þekkingu jarðhitaíðnaðarins.

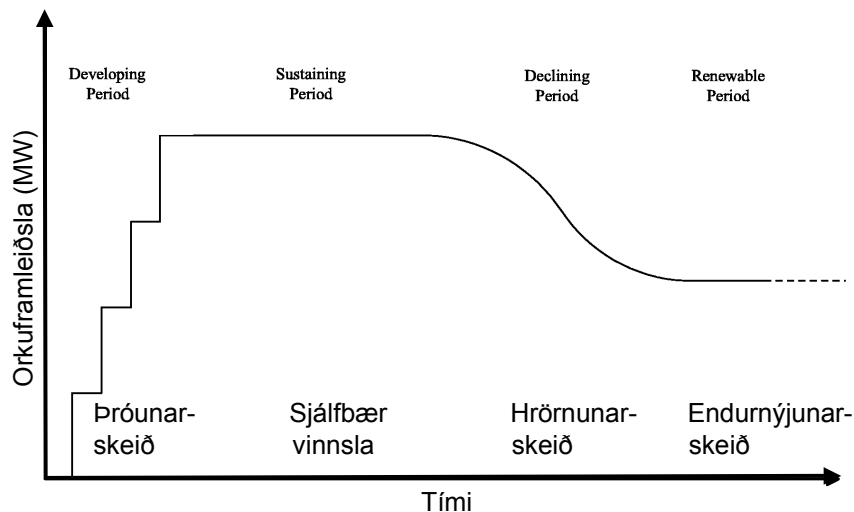
Vinnuhópurinn tók einnig á endurnýjanleika jarðhitans og taldi brýnt að menn rugli ekki saman endurnýjanleika og sjálfbærni. Endurnýjanleiki lýsi nefnilega eiginleikum orkulindar en hugtakið sjálfbær tengist því hvernig nýtingu hennar er háttáð (Guðni Axelsson o.fl., 2001b). Höfundar eiga erfitt með að ráða af niðurstöðum vinnuhópsins hvernig beri að skilgreina endurnýjanleikann. Þannig haldast jarðhitakerfin í eðli sínu endurnýjanleg svo árhundruðum eða árþúsundum skipti í náttúrulegu ástandi. Síðan er skilgreiningaratriði hvort jarðhitakerfið endurnýji sig þegar maðurinn kemur og breytir ástandi þess með borunum og vinnslu. Munu höfundar því snúa sig frá þessum skilgreiningarvanda með því að horfa til þess hvort tímabundinn vinnsla sé *afturkræf*, þ.e.a.s. hvort jarðhitasvæðin í Hengli jafni sig að fyrra ástandi við að fá hvíld.

## 11.2. Hógvær og ágeng vinnsla

James Lovekin (2000) skoðaði nýlega hagfræði sjálfbærrar nýtingar jarðhitans og kaus að velja til þess sjónarhorn hógværrar og ágengrar vinnslu. Aðferðafræðin fólst í að bera saman tvö ímynduð tilfelli vinnslu úr sama svæðinu. Í öðru var gangsett 30 MW stöð og hún rekin á fullum afköstum í 30 ár. Er slík vinnsla skilgreind hér sem *hógvær jarðhitavinnsla* (conservative). Í hinu tilfellinu var ræst 90 MW stöð sem gekk hart að ímyndaða jarðhitakerfinu, svo hart að fullum afköstum stöðvarinnar varð ekki haldið lengur er í 20 ár en svo hófst dölun. Slík vinnsla er skilgreind hér sem *ágeng jarðhitavinnsla* (aggressive). Lovekin áætlaði að í hógværa vinnslutilvikinu þyrfti að bora alls 10 vinnsluholur á líftíma virkjunarinnar meðan sú ágenga þarfnaðist 50 holna. Sem sönnum Kaliforníubúa sæmir gerði hann ráð fyrir að báðar byggju virkjanirnar við stöðugt orkuverð upp á 6,5 sent/kWh. Fékkst þá sú niðurstaða að stóra virkjunin væri talsvert hagkvæmari. Eins taldi Lovekin að ágenga jarðhitavinnslan ætti að skilgreinast sem sjálfbær sökum þess að samfélagið, sem nyti orkunnar frá slíkum virkjunum, fengi þá að njóta hagkvæmni stærðarinnar og takmarkað fjármagn til orkuvinnslu nýttist betur.

Lovekin (2000) setur fram mynd í grein sinni þar sem orkuframleiðsla ágengrar jarðhitavirkjunar er sett í samhengi við sjálfbærni og endurnýjanleika (mynd 46). Athyglisvert er að bera túlkun hans saman við túlkun vinnuhóps Orkustofnunar. Einkum hvort hámarksgildi sjálfbærrar vinnslu,  $E_0$ , eigi að stillast við tímaskeið sjálfbærrar vinnslu á mynd 45 eða endurnýjanlegrar vinnslu. Hlýtur hér að ráða sjónarhorn hvers og eins. Hugsanlega telur Lovekin að hámarksgildi sjálfbærrar vinnslu sé ekki fasti með tímanum, heldur geti það verið breytilegt. Er það þá sökum þess að samfélagið sem rekur stöðina fær að nýta sér hagkvæmni stærðarinnar tímabundið og lagar síðan afskrifað orkuverið að endurnýjanlegum afköstum jarðhitakerfisins. Auk þess kann sú kynslóð að líta svo á að hún reki náttúruvæna virkjun sem heimsbyggðin telur krefjandi þörf á til mótvægis við orkuver sem brenna jarðefnaeldsneyti.





**Mynd 46:** Möguleg lífsskeið ágengrar jarðhitavirkjunar (úr Lovekin, 2002).  
Þýðingar eru höfunda, en skilgreiningum Lovekin er haldið ofan til í myndinni.

### 11.3. Sjónarhorn skýrsluhöfunda

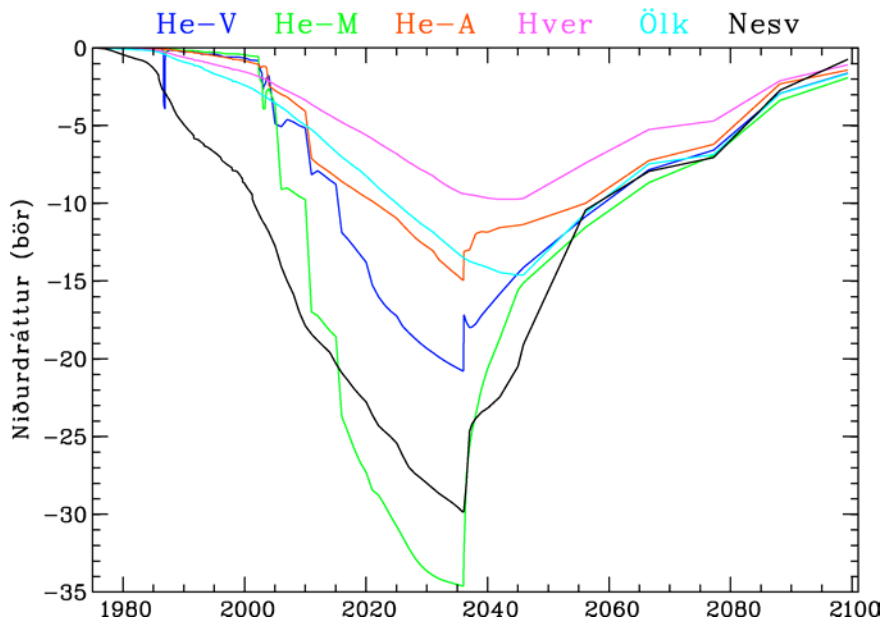
Ofangreind umræða ætti því að sýna að mörg sjónarhorn geta verið á hvort jarðhitavirkjun teljist sjálfbær, og hvort jarðhitasvæði teljist endurnýjanlegt. Flækir enn málið að skilgreiningarnar eru oft huglæggar og að þær tæknilegu breytast með vaxandi þekkingu. Er ef til vill best að enda þessa umfjöllun einfaldlega með því að segja að vinnslusaga jarðhitavirkjana er það stutt að mannkynið skorti enn næga þekkingu til að geta sagt nákvæmlega fyrir um heppilegasta nýtingarferlið. Meðan svo er hvílir því sú skylda á orkufyrirtækjum að þau skili samfélaginu þeirri þekkingu sem aflast við rekstur jarðhitavirkjana, með það að markmiði að næstu kynslóðir njóti þess gagnagrunns. Þannig muni að endingu takast að samþætta jarðhitavirkjanir inn í sjálfbæra þróun og endurnýjanleikann eins og þessir eiginleikar verði best skilgreindir á hverjum tíma.

## 12. AFTURKRÆFNI VÖKVA- OG ORKUFORÐA Í HENGLI

Eftirfarandi kafli fjallar um hvernig reiknilíkanið af Hengli bregst við algerrri stöðvun vinnslu árið 2036. Er þá tilgangurinn að meta hvort framkvæmdin hafi gengið svo hart að auðlindinni að framkvæmdin teljist hvorki sjálfbær né afturkræf. Skoðað er vinnslutilvik 5\_6 í töflu 4, þar sem gert er ráð fyrir að 120 MW rafmagns hafi verið framleidd á Nesjavöllum í 30 ár og önnur 120 MW á Hellisheiði, samhliða niðurdælingu skiljuvatns þar. Teiknaðar eru myndir af jöfnun þrýstings og hita í sömu eftirlitsholum og var lýst í kafla 10. Eins eru gerðar myndir af breytingu í heildarþunga vatns og gufu auk myndar sem sýnir breytingar í orkuforða líkansins. Mikilvæg forsenda reikninga er að randskilyrði haldist óbreytt, og þá sérstaklega vermi og magn innstreymis undir Hengli (104 kg/s með vermið 2150 kJ/kg). Varmastraumur inn í botnlagið helst einnig sá sami auk þess sem hiti og þrýstingur í ystu jöðrum er fasti. Þar að auki er gert ráð fyrir að eldgos og jarðskjálftar verði ekki á Hengilssvæði þau tæpu 1000 ár sem horft er fram í tímann.

## 12.1. Endurnýjun þrýstings

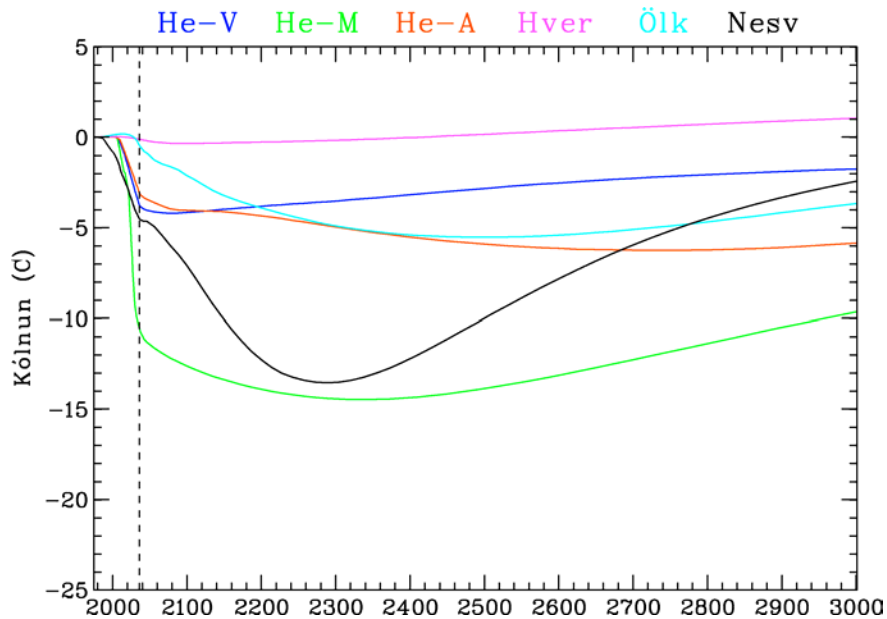
Mynd 47 sýnir sögu þrýstings í nokkrum eftirlitsholum reiknilíkansins fram til ársins 2100. Athyglisverð niðurstaða fæst, sem sé að þrýstibreytingin er nánast samhverf. Nálágast þrýstingurinn að verða sá sami alls staðar í líkaninu kringum árið 2100 og hann var áður en vinnsla hófst á Nesjavöllum árið 1975. Ef forsendur líkansins standast, er því allt sem bendir til þess að þrýstingur jarðhitasvæðanna í Hengli sé afturkræf stærð og að þrýstingurinn þurfi á móta tíma til að ná jafnvægi og vinnslan stóð yfir.



**Mynd 47:** Þrýstijöfnun holna í Hengilslíkani, ef öll vinnsla stöðvast árið 2036. He-V stendur fyrir holu vestan Hellisheiðar (KhG-1), He-M fyrir holu á miðri Hellisheiði, He-A fyrir holu í austurhluta Hellisheiðar, Hver fyrir Hveragerði, Ölk fyrir Ölkelduháls og loks Nesv fyrir Nesjavelli.

## 12.2. Endurnýjun holuhita

Mynd 48 sýnir hvernig hiti í ímynduðu eftirlitsholunum jafnar sig eftir að öll vinnsla stöðvast á Hengilssvæði árið 2036. Reiknað er fram til ársins 3000. Nú bregður svo við að talsverðan tíma tekur að fá hitann upp, jafnvel lengri tíma en þau tæpu 1000 ár sem reikningar standa. Þá er athyglisvert að holan á miðri Hellisheiði hitnar hægar en holan á Nesjavöllum. Kunna hér að spila saman kólnunaráhrif vegna niurdælingar og að hiti er viðsnúinn á Hellisheiði. Fæst enginn varmastuðningur til holunnar frá botnlagi líkansins. Á grunni myndarinnar álykta skýrsluhöfundar að varmanáman í Hengli verði, eftir 30 ára samfelldan rekstur ofangreindra virkjana, að teljast endurnýjanleg á tímaskalanum 1000 ár en ekki á 100 ára skalanum, öfugt við þrýstinginn. Rétt er samt að ítreka að mesta kælingin á mynd 48 er oftast um og innan við 10 °C meðan jarðhitasvæðin eru 250-320 °C heit. Hlutfallslega nemur þessi kæling því einungis 3-4 % af varmanámunni.



**Mynd 48:** Hitajöfnun holna í Hengilslíkani, ef öll vinnsla stöðvast árið 2036. He-V stendur fyrir holu vestan Hellisheiðar (KhG-1), He-M fyrir holu á miðri Hellisheiði, He-A fyrir holu í austurhluta Hellisheiðar, Hver fyrir Hveragerði, Ölk fyrir Ölkelduháls og loks Nesv fyrir Nesjavelli.

### 12.3. Endurnýjun gufuforða

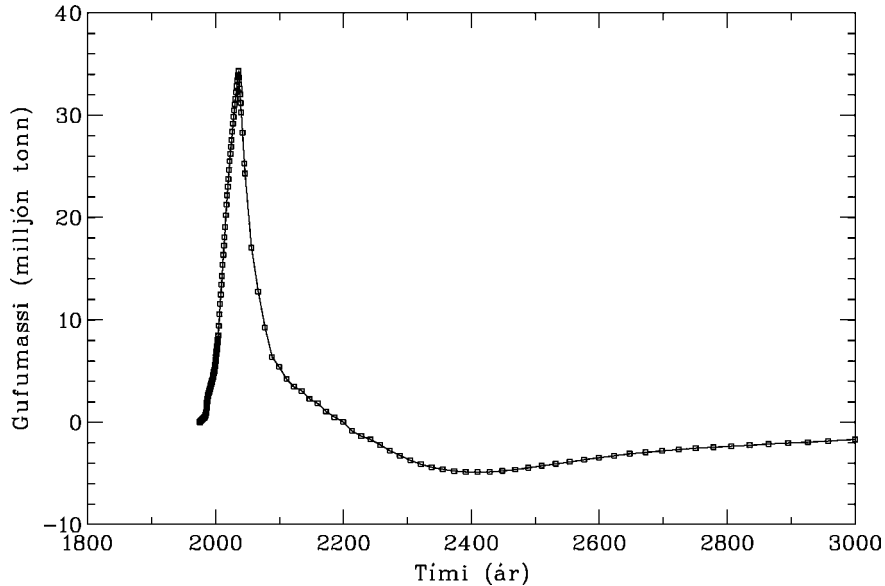
iTOUGH2 forritið reiknar heildarmassa vatns, gufu og varmaorku líkansins á þeim tímum sem óskað er eftir útskrift um ástand kubba þess. Fróðlegt er að skoða hvernig þessar stærðir hegða sér með tímanum. Sökum þess að tölur gerast nú ógnarstórar var valin sú leið að sýna breytingu þessara stærða frá upphafsgildi ársins 1975. Má fastlega gera ráð fyrir að breytingin stafi eingöngu af vinnslunni.

Mynd 49 sýnir hvernig massi gufu breytist í reiknilíkaninu árabilið 1975 til 3000. Upphafsmagn gufunnar reiknast tæp 16 milljón tonn árið 1975 og er það gildi dregið frá gufumagninu eins og það reiknast á hverjum tíma. Gufamagn vex upphaflega hratt í samræmi við að þrýstingur fellur í líkaninu og afsuða verður. Að sama skapi minnkar gufumagnið við að vinnslan hættir árið 2036, til samræmis við hina hröðu, reiknuðu þrýstijöfnun og þéttingu suðusvæða. Er nánast sama magn gufu í líkaninu árið 2200 og var fyrir vinnslu árið 1975. Því verður að telja að gufuforði líkansins sé afturkræf stærð og að endurnýjunin verði að mestu á einum mannsaldri eftir að vinnslan stöðvast.

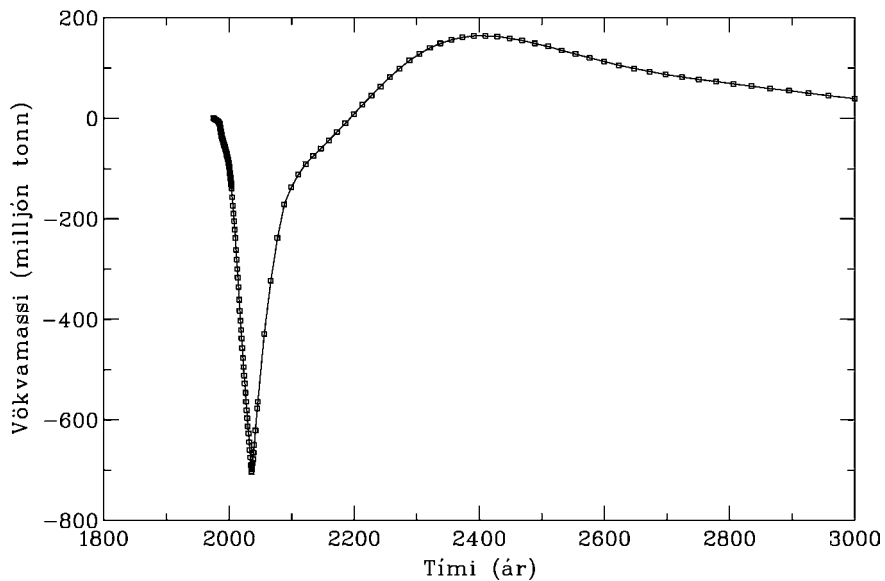
### 12.4. Endurnýjun vökvaforðans

Mynd 50 sýnir hvernig vökvamassi (gufa og vatn) líkansins hefur breyst, miðað við árið 1975. Upphafsmagnið er tæpir 614 milljarðar tonna árið 1975. Er það gildi dregið frá vökvamassanum eins og hann reiknast á hverjum tíma. Svipað ástand fæst og í tilfelli gufunnar en til öfugrar áttar. Líkanið léttist hratt með vaxandi þrýstiniðurdætti og þyngist að sama skapi við að vinnslan hættir árið 2036. Síðan ber svo við að líkanið heldur áfram að þyngjast um nærfellt 150 milljón tonn umfram upphafsþyngdina kringum árið 2400. Veldur hér að reiknað rúmmál gufu í líkaninu hefur minnkað og þess fyllast af mun eðlisþyngri vökva í staðinn. Síðan leitar líkanþynginginn til

upphafsins. Er svo komið árið 3000 að vökvamassinn í því er nánast sá sami og árið 1975. Niðurstaðan af myndinni er því að vökvaforði jarðhitakerfanna í Hengli teljist endurnýjanleg og afturkræf auðlind og að u.þ.b. mannsaldur þurfi að líða frá stöðvun vinnslu þar til jarðhitakerfin hafa náð fyrri þyngd.



**Mynd 49:** Reiknuð breyting í þyngd gufu í Hengilslíkani, miðað við árið 1975.



**Mynd 50:** Reiknuð breyting í vökvabýngd Hengilslíkans, miðað við árið 1975.

## 12.5. Endurnýjun orkuforðans

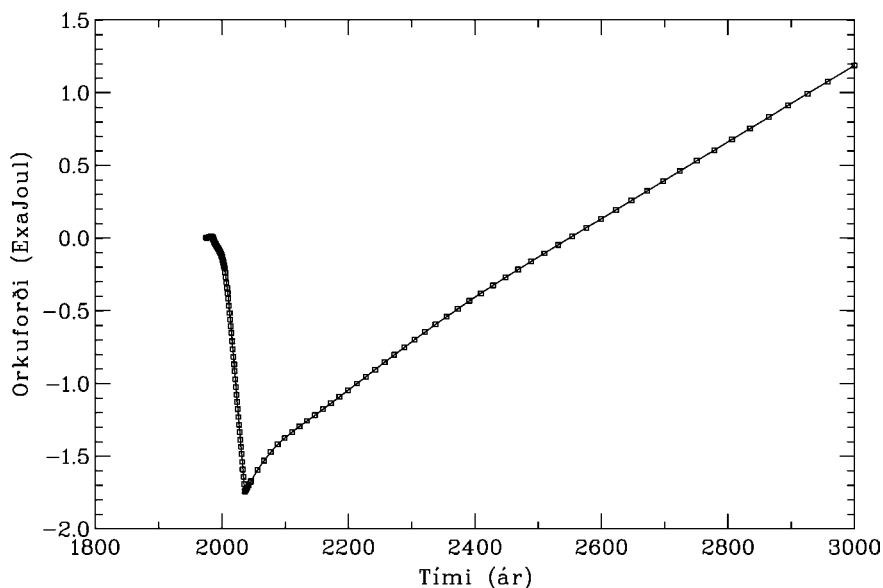
Mynd 51 sýnir hvernig orkuforði reiknilíkansins breytist með tímanum. Hér er á ferð summa orkunnar í gufunni og í vatninu, ofan 0 °C hita. Varmaorkan í berginu breytist hlutfallslega eins en er ekki reiknuð sérstaklega af iTOUGH2. Sökum þess að um gífurlega háar stærðir er að ræða var valið að lýsa orkubreytingunni í exa-joulum þar sem 1 EJ samsvarar  $10^{18}$  J. Myndin sýnir að vinnslan rýrir orkuforða líkansins um 1,8 EJ fram til þess að vinnsla stöðvast árið 2036. Síðan reiknast stöðugur vöxtur í



orkuforðanum. Er hann enn stígandi árið 3000. Kringum árið 2500 inniheldur líkanið sömu heildarorku og var árið 1975. Er síðan svo komið árið 3000 að líkaninu er spáð talsvert hærra orkuinnihaldi en var árið 1975.

Einhver kynni að draga hér þá ályktun að vinnslan úr Hengli hafi þannig bætt möguleika kynslóðarinnar sem verður uppi árið 3000 til jarðhitavinnslu í Hengli. Leyfist henni t.d. að taka út 1,8 EJ í jarðhitavirkjunum áður en orkuinnihald líkansins fellur að því sem var árið 1975 þegar boranir hefjast á Nesjavöllum. Eða með öðrum orðum, að hin áformaða vinnsla nú bæti jarðhitakerfið fyrir komandi kynslóðir, ef við það er miðað að ástand Hengilssvæðisins árið 1975 beri að varðveita til eilífðar. Ekki telst þetta naglföst niðurstaða. Til að mynda getur stígandinn í orkuinnihaldinu einfaldlega stafað af því að á tímanum núll (1975) er reiknilíkanið ekki í fullkomnu jafnvægi heldur hækki hiti þess e.t.v. um 1 °C á 1000 árum. Umfjöllunin ætti samt að minna á að tæknilega kunni jarðhitakerfin í Hengli að stækka við vinnslu, líkt og nú er talin raunin um Laugarnes-svæðið (Guðni Axelsson o.fl., 2001a).

Ofangreind umfjöllun leiðir til þeirrar ályktunar höfunda að orkuforðinn í Hengli, að aflokinni áformaðri vinnslu til ársins 2036, teljist ekki endurnýjanleg stærð ef miðað er við tímaskalann einn mannsaldur en sé það hins vegar á tímaskalanum 300-400 ár. Jafnframt kunni sú staða að koma upp að Hengilssvæðið verði, af manna völdum, hæfara til að geyma orku en það var árið 1975. Geti áformuð vinnsla þannig aukið möguleika komandi kynslóða til orkuvinnslu á svæðinu. Núverandi vinnsluáform megi því túlka sem sjálfbæra þróun.



**Mynd 51:** Reiknuð breyting í orkuforða vökvans í Hengilslíkani, miðað við 1975.

Mikilvægt er að setja forðabreytinguna á mynd 51 í samhengi við vökvorkuna í líkaninu árið 1975. Hún reiknast nefnilega tæplega 3000 ExaJoul. Sú 1,8 EJ rýrnun sem kann að verða af manna völdum er þá 0,06 % af heildarforðanum. Til að vera varfærinn er rétt að miða rýrnunina ekki við forða alls líkansins heldur einungis það hlutfall líkansins sem lendir undir borsvæðum. Hér er það talið samsvara 15x5 km fleti eða 75 km<sup>2</sup> af þeim 10.000 km<sup>2</sup> sem líkanið þekur. Fæst þá að hlutfallslega geymast a.m.k.

$3000 \times 75 / 10.000 = 22,5$  EJ undir borsvæðunum. Það leiðir til þess að vinnslan fram til 2036 hafi skert varmaforðann um að hámarki 8 %.

Höfundar telja að 8 % rýrnunin sé verulegt ofmat sökum þess að borsvæðin eru langtum heitari og orkuríkari en ytri hluti líkansins. Er líklegra að varmaforði þessa rúmmáls sé a.m.k. 2 til 3 sinnum meiri en þau 22,5 EJ sem að ofan eru metin. Er rýrnunin því einungis 3-4 % af forðanum. Er það í samræmi við að kólnun eftirlitsholna á mynd 48 er um og undir 10 °C, sem er 3-4 % af þeim 250 til 320 °C hita sem er algengastur á núverandi borsvæðum.

Annað atriði ber einnig að hafa í huga við skoðun myndar 51, nefnilega að ekki er gert ráð fyrir eldvirkni né lektarbreytingum af völdum jarðhníks þau 1000 ár sem reikningarnir vara. Nú eru sýnilegar þrjár gossprungur á yfirborði á Hellsheiði, kringum 2000, 5800 og 10.000 ára gamlar (Kristján Sæmundsson, 2003). Gosin þeim samfara höfðu efalaust mikil áhrif á varmaforðann í Hengli. Þá verður að gera ráð fyrir að síðustu 10 þúsund árin hafi kvikuhlaup skilið eftir varmanámur í jarðhitakerfum mun oftast en í þessum gosum einum. Til að mynda í umbrotunum sem urðu í Hengli árið 1789 og flæmdu Alþingi frá Þingvöllum.

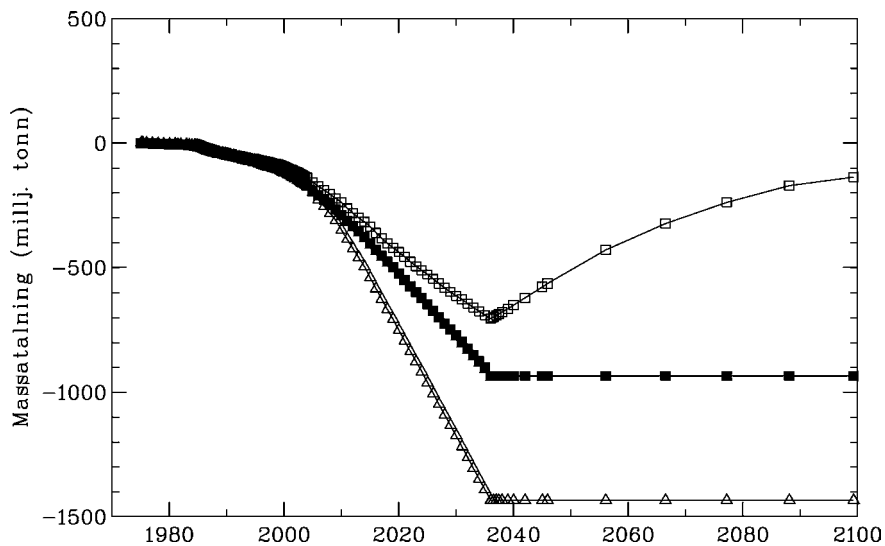
Uppi er tilgáta um að lítið kvikuinnskot hafi komið inn í jarðlög undir Ölkelduhálsi árin 1994-1995 (Freysteinn Sigmundsson o.fl., 1997). Rúmmál innskotsins var áætlað 10 milljónir rúmmetrar. Ef gert er ráð fyrir að eðlimassi basalts sé  $3000 \text{ kg/m}^3$ , varmarýmd  $710 \text{ J/kg/}^\circ\text{C}$ , bræðsluvarmi  $4,2 \times 10^5 \text{ J/kg}$  (Stacey, 1977) og að hleifurinn kólni um 700 °C, má ætla að kvikuinnskotið sé ígildi varmanámu upp á 0,03 EJ. Er það 16 % af orkurýrnuninni á mynd 51 fram til ársins 2036. Þetta meinta innskot er svo lítið að ómögulegt hefði verið að geta sér til um það nema vegna nýrrar mælitækni. Hugsanlega koma nokkur slík á hverri öld. Því má ætla að það orkutap vökvamassa, sem verður með yfir 30 ára rekstri stórra jarðhitavirkjana í Hengli, sé af svipaðri stærðargráðu og sá orkustraumur sem eldstöðin sjálf viðheldur með smáinnskotavirkni. Ekki er gert ráð fyrir slíkum atburðum í líkaninu enda ætlunin að túlka vafaatriði náttúrunni í hag.

Loks skal nefna að reiknilíkanið er með algerlega þéttan botn og fær þannig engan þrýstistuðning frá dýpri hluta gosbeltisins (neðan 2-3 km). Áður hefur verið nefnt að vísbendingar eru um að vatnskerfin í Hengli eigi sér mjög djúpa rót, e.t.v. allt niður á 10 km dýpi (kafla 2.4). Ef vatnslekt er nægjanleg ætti vinnslan og niðurdrátturinn því að örva aðrennsli frá djúpa hlutanum til þess grunna. Að sama skapi myndi orkuforði jarðhitakerfanna reiknast talsvert meiri en metið var hér fyrir ofan og áhrif vinnslunnar verða að sama skapi minni hlutfallslega. Slíkt áhrif eru sem áður segir ekki tekin til greina í reikningum. Enda er ætlunin að skilgreina áhrif vinnslunnar frekar of mikil en lítil í samræmi við varfærnisreglur.

## 12.6. Massaflæði um jaðra

Mynd 52 ber saman massabreytingu og uppsafnaða nettó og brúttó vinnslu út úr líkaninu gegnum borholur. Munurinn milli nettóvinnslunnar og léttingar líkansins er mælikvarði á að hve miklu leyti jarðhitakerfið nái að bæta sér upp massatapið með náttúrulegu aðstreymi frá hliðunum. Sýnist árið 2036 að 700 milljón tonn vanti í jarðhitakerfin meðan rúm 930 milljón tonn fóru nettó út úr svæðunum um borholur. Hafa jaðrarnir þannig skilað inn til jarðhitakerfanna 25 % af því sem upp var tekið nettó. Innstreymi frá jöðrum heldur svo áfram þegar virkjanirnar stöðvast. Vantar einungis tæp 140 milljón tonn í upphafsþyngd líkansins árið 2100.

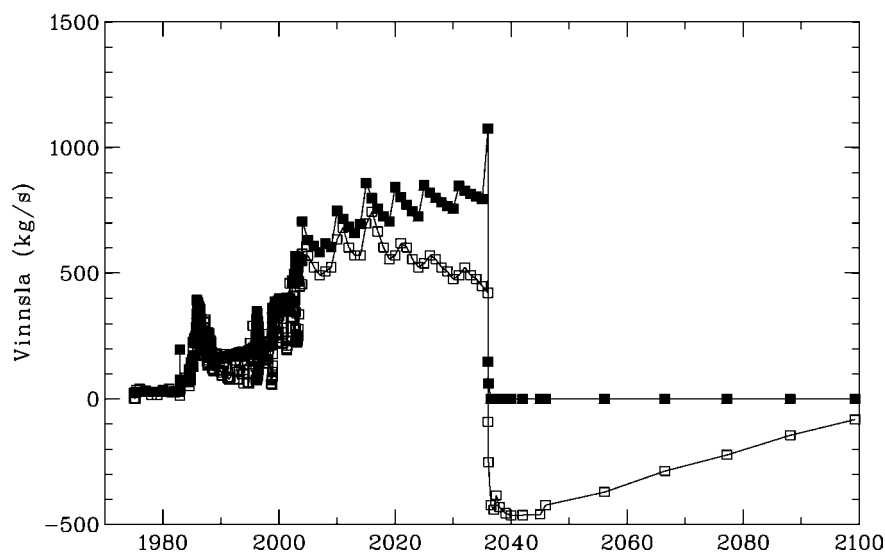
Til samanburðar má geta þess að miðlunarrými í fyrirhuguðu Háslóni við Kárahnjúka er um 2100 milljónir tonna (sjá: [www.karahnjukar.is](http://www.karahnjukar.is)). Gæti samfelld 30 ára 240 MW rafmagnsvinnsla og allt að 800 MW varmaframleiðsla í Hengli því krafist sama nettó vatnsmagn í tonnum talið upp úr jarðhitakerfunum og streymir í gegnum 690 MW Kárahnjúkavirkjun á u.þ.b. 6-9 mánuðum. Má taka það sem röksemd fyrir að jarðhitavinnslan séu mjög léttstígg í náttúrunni, sökum þess að hvert tonn jarðhitavökva sem fer í gegnum gufuaflsvirkjun skilar fertug- til sextugfaldri orku á við það sem fæst úr tonni kalds vatns sem rennur gegnum nýja vatnsaflsstöð.



**Mynd 52:** Létting Hengilslíkans (□) með tímanum, uppsöfnuð nettó vinnsla (■) (niðurdæling frárdregin) og brúttó vinnsla úr borholum (Δ).

Mynd 53 sýnir í lokin þyngdarbreytingar Hengilslíkansins (diffrað með tímanum til að fá rennsli í kg/s) í samanburði við heildarvinnsluna úr öllum borholum að frárdreginni niðurdælingu. Fást þannig mælieiningar sem við jarðhitamenn erum vanari. Það sem er athyglisvert við myndina er að það hægir á massatapi líkansins kringum árið 2010 meðan nettó vinnslan er stöðug eða eilítið vaxandi. Munurinn milli þessa ferla er náttúrulegt innstreymi frá jöðrum. Sýnir myndin að það vex með tímanum í samræmi við lækkanði þrýsting jarðhitakerfanna. Er spáð að fyrst eftir að slökkt er á virkjununum skili jaðrarnir ~450 kg/s inn í líkanið. Má hafa þá stærð til samanburðar við ríflega 800 kg/s nettóvinnslu úr jarðhitakerfum árið 2036. Lætur nærri að jaðrarnir skili þá um helmingi þess nettó massastraums sem virkjanirnar þarfnast.

Skýrsluhöfundar telja að þessi samanburður sýni að áformuð vinnsla fram til ársins 2036 nái ekki að teljast endurnýjanleg hvað massastraum varðar, en stefni þó að því. Flokkist fyrirhuguð vinnsla því sem *ágeng* þegar miðað er við tímaskalann 30 ár. Varúðarráðstöfun sé að gera ráð fyrir hnignandi afköstum virkjana að loknum þessum rekstartíma og að þær þurfi að færa niður að stigi þar sem orku- og massastraumur frá jöðrum til jarðhitakerfa er sá sami og tapast um borholur. Ekki er þar með sagt að kynslóðin sem taki við virkjununum árið 2036 verði sömu skoðunar. Þannig muni þekking á eðli háhitasvæða örugglega vaxa mjög á rekstartíma áformaðra virkjana. Eins kunna tækninýjungar, líkt og borun mjög djúpra holna í háhitasvæðin, að leiða til þess að endurnýjanleg afköst kerfanna verði endurmetin.



Mynd 53: Nettó vinnsla úr borholum (■) og út úr forða Hengilslíkansins (□).

## 12.7. Ástand jarðhitasvæða árið 2036

Rétt er að reifa hér hvernig skýrsluhöfundar telja að heilsu orkuvera og jarðhitakerfa á Hellisheiði og á Nesjavöllum verði háttað í lok spátímans árið 2036. Þar þarf fyrst til að taka að stöðvarnar og borsvæðin ættu þá að vera afskrifuð og stöðvarnar keyrðar á fullum afköstum. Svæðin teljist því að mati höfunda við ágætis heilsu frá sjónarhóli rekstrarins þó vissulega megi gera ráð fyrir að einstaka holur verði ekki lengur vinnsluhæfar fyrir bæði rafmagns- og varmaþrep virkjananna á Hellisheiði og á Nesjavöllum. Ætti sú kynslóð sem þá tekur við rekstrinum því að koma að fjárhagslega og rekstrarlega góðu búi. Jafnframt muni Orkuveitan ráða yfir þeirri tækni og reynslu sem nauðsynleg kann að teljast til að stöðvarnar gangi áfram um langa framtíð.

Hins vegar kann að koma upp sú staða í framtíðinni að menn vilji hægja á vinnslunni og þróa sig frá ágengri jarðhitavinnslu yfir í hógværa, þ.e. vinna úr borholum sama magn massa og orku og jaðrar kerfanna skila inn. Er líklegast að gufutúrbinur muni fyrstar verða fyrir barðinu á slíkri ákvörðun meðan að varmahluti orkuveranna ætti að búa áfram við orku úr jörðu um mjög langa hríð.

Í þessu samhengi má vísa til þess að jarðgufuvirkjanirnar í Svartsengi og Kröflu hafa verið reknar í rúm 25 ár og Nesjavallavirkjun í tæp 15 ár. Allar eru þessar virkjanir nú á tímum í stöðugum eða vaxandi rekstri. Rannsóknaniðurstöður sem hafa aflast samhliða rekstrinum eru umfangsmiklar og öllum opnar. Telst því lítil vafi á að þessar framkvæmdir hafi aukið að mun þá valkosti sem núlifandi kynslóð hefur til farsællrar jarðhitavinnslu samanborið við kynslóðina sem tók ákvarðanir árabilið 1975-1985, þegar smíði virkjananna var í undirbúningi

Því komast höfundar að þeirri niðurstöðu að undangengin vinnsla úr þessum þremur svæðum teljist prýðilega sjálfbær og hafi bætt lífskjör bæði núlifandi og komandi kynslóða. Ástæða er til að ætla að svo verði einnig um fyrirhugaða virkjanaáfangna á Hengilssvæði, að því gefnu að þess verði gætt að þekkingin sem aflast við rekstur þeirra skili sér út til samfélagsins. Eykst þannig færni komandi kynslóða til að haga jarðhitavinnslu þannig að hún teljist sjálfbær og eins megi haga rekstrinum þannig að vökva- og massaforði jarðhitakerfanna endurnýjst í takt við vinnsluna.



### 13. SAMANTEKT OG NIÐURSTÖÐUR

Helstu þættirnir í forsendum, uppbyggingu og innri gerð reiknilíkans sem nú liggur fyrir af Hengilssvæðinu eru þessar:

- 1) Tekist hefur að þróa eitt og sama víðtæka reiknilíkanið af sprungustykki Hengilsins. Það hermir nær öll þau gögn sem aflað hefur verið um flæði orku og massa á svæðinu frá því að hola 5 var boruð á Nesjavöllum árið 1975.
- 2) Úrvinnsla hita- og þrýstimælinga í borholum ásamt samtúlkun við aðrar rannsóknir hefur endað í eftirfarandi hugmyndalíkani að jarðhitnum í Hengli. Talið er að góð lóðrétt lekt niður á mikið dýpi undir Henglinum leyfi greiða hræringu og uppstreymi heits vökva. Þessi heiti vökvi sækir síðan í NNA til Nesjavalla, og í SSV til Hellisheiðar. Hugsanlega eru aðalvatnsleiðararnir ungar gosprungur, sem ganga gegnum bæði Nesjavelli og Hellisheiði.
- 3) Þrýstingur er talinn hærri til fjalla en við ströndina. Verður það til þess að vökvi sækir almennt frá hærra landi, norðan Nesjavalla, og til suðurs. Hins vegar virðist einnig sem vökvi sækir úr suðri, inn undir Hellisheiði og að uppstreymisrás Hengilsins. Þar verður hitnun, vökvinn rís upp og kemur til baka undan Skarðsmýrarfjalli, talsvert heitari en djúpt undir heiðinni.
- 4) Mikilvægt atriði í hugmyndalíkaninu er að djúpstæð þrýstilægð fylgi uppstreyminu undir Hengli, sem dregur til sín vökva frá jöðrum líkansins.
- 5) Talið er að virkasti hluti jarðhitans á Hellisheiði tengist dalfyllu sprungustykkisins, dalfyllu sem samanstendur af tiltölulega ungum gosmyndunum, móbergi, túffi og basaltlögum. Heiti hluti þessarar myndunar er 600-800 m þykkur, hiti víðast á bilinu 250-280 °C og flatarmál af stærðargráðunni 5-10 km<sup>2</sup>. Hæsta lekt í borholum finnst einnig á þessu bili.
- 6) Þrýstilægð virðist á miðri Hellisheiði, milli Hveragerðis og borsvæðisins sunnan Skarðsmýrarfjalls. Sett er fram tilgáta um að sprunga, sem var virk í skjálftahrinunni í Hengli milli 1994 og 2000, dreni til sín vökva og sendi í suður, til láglandisins í Ölfusi. Sprungan hefur fengið nafnið Bitrusprungan.
- 7) Það reiknilíkan sem nú er kynnt samanstendur af 8 lögum sem þekja 100x100 km flöt umhverfis Hengil. Líkanið er gert úr 5100 kubbum, mjög stórum yst þar sem þekking er takmörkuð, en síðan æ minni eftir því sem vitneskja vex inn að borsvæðunum í sprungustykki Hengilsins.
- 8) Líkanið er einporulíkan (single porosity) og vökvinn í því er blanda af hreinu vatni og gufu.
- 9) Hermunin er gerð með sjálfleitandi iTOUGH2 forritinu (inversion). Öflugur, 50 örgjörva tölvuklassi sá um að framkvæma reikningana í samsíða umhverfi.
- 10) Ystu jaðrar líkansins eru í hita til samræmis við 100 °C/km hitastigul en þrýstingur á norðurkanti þess er 10 börum hærri en á suðurkantinum.
- 11) Borholur blása með aðferð vinnslustuðla (productivity indices). Hlutlektir vatns og gufu fylgja svonefndum x-kúrfum, þar sem gufufasinn er fastur við 5 % rúmmálshluta gufu en vatnsfasinn við 60 % rúmmálshluta gufu.

- 12) Alls voru 345 gagnasett skilgreind í inntaki iTOUGH2 forritsins og samanburður mældra og reiknaðra gilda gerður í 356 tímaskrefum. Mikil hægindi voru af þessu og tryggt að mjög víðfeðmt gagnasafn í tíma og rúmi styddi við endanlegt val líkaneiginleika.
- 13) Höfundar kynntu sér hugtökin sjálfbær vinnsla og endurnýjanleiki jarðhitakerfa. Líta þeir svo á að til langs tíma litið eigi að haga rekstri jarðhitavirkjana þannig að vinnsla úr innri hluta jarðhitakerfa sé endurnýjuð sem mest með orku- og massastraumum frá ytri jöðrum kerfanna. Sjálfbær orkuvinnsla virðist hins vegar talsvert huglæg skilgreining. Vinnuhópur Orkustofnunar um sjálfbæra vinnslu og endurnýjanlegar orkulindir telur t.d. að fyrir sérhvert jarðhitasvæði og sérhverja vinnsluaðferð sé til sjálfbært hámarksvinnslustig sem megi viðhalda yfir 200 til 300 ára langt tímabil. Hámarksvinnslustigið er háð tæknistigi og getur vaxið með aukinni þekkingu.
- 14) Annað sjónarhorn á sjálfbæra vinnslu felst í að menn velja sér stefnu við upphaf framkvæmda, hér flokkað í hógværa og ágenga vinnslustefnu. Í hógværu vinnslustefnunni skilar jarðhitavirkjun jöfnum afköstum út áætlaðan rekstrartíma. Í tilfelli ágengrar vinnslu verði hins vegar byggð stór virkjun sem gangi vísvitandi það hart að jarðhitasvæði að hámarksafköst haldast ekki allan rekstrartímamann, heldur verði að slá af framleiðslunni seint á rekstrartíma virkjunarinnar. Þannig megi laga vinnsluna að því endurnýjanlega aðstreymi sem kemur frá jöðrum jarðhitakerfisins. Stóra stöðin geti samt sem áður flokkast sem sjálfbær sökum þess að hún nýtur hagkvæmni stærðarinnar og skilar betri nýtingu á því takmarkaða fjármagni sem hver kynslóð hefur til bygginga og reksturs orkumannvirkja.
- 15) Skilgreiningar á sjálfbærni og endurnýjanleika teljast enn á reiki og eru háðar sjónarhorni þess sem skoðar. Þá er vinnslusaga jarðhitavirkjana enn stutt og skortir þekkingu og reynslu til að geta skilgreint heppilegasta nýtingarferlið.

Reiknilíkanið hefur verið kvarðað að mælingum og notað til að spá um viðbrögð jarðhitakerfanna í Hengli við vinnslu í framtíðinni. Þar eru helstu niðurstöður þessar:

- 1) Kvörðun líkansins endaði í ástandi þar sem lekt er mest í miðju sprungustykkis Hengilsins, en minnkar síðan hratt til hliðanna. Hæst er lektin í Kýrdalsprungunni, 30-150 mD, algeng lekt á borsvæðum er síðan 15-30 mD, jaðrar borsvæðanna hafa lekt upp á 5-15 mD, og yst eru lektir á bilinu 1-10 mD. Lægstu lektirnar eru síðan í þakbergi og í skilveggjum sem tengast Kýrdalsprungunni á Nesjavöllum og eystri gossprungunni á Hellisheiði.
- 2) Poruhluti líkansins er á bilinu 3-10 %.
- 3) Líkanið er hitað með innstreymi undir Hengli sem svarar til 104 kg/s af vökva með vermi upp á 2150 kJ/kg. Þá er varmastraumur látinn um að hita berg í dýpsta laginu undir Nesjavöllum. Suður á Hellisheiði eru hins vegar þrýstistýrðir massasvelgir sem gleypa í sig rúmlega 300 kg/s af 180-190 °C heitum vökva. Þeir eru nauðsynlegir til að skýra þrýstilægðina sem kemur á miðri Hellisheiði.
- 4) Almenn séð hefur tekist mjög vel að samræma mældar og reiknaðar stærðir innan sprungustykkis Hengilsins meðan samræmi er slakt austan Bitrusprungunnar. Hér er talið valda að í líkaninu er ekki gert ráð fyrir öðru uppstreymisvæði norðan Hveragerðis líkt og talið er út frá yfirborðsrannsóknunum.

- 5) Líkaneiginleikar innan Nesjavalla teljast orðnir skýrt markaðir. Þarna eru fyrir margar holur og mikið gagnamagn. Einkum virðist líkanið vel skorðað af massa- og vermismbreytingum í borholum.
- 6) Talsvert meiri óvissa er um einkvæmni líkankvörðunarinnar á Hellisheiði, einkum vegna þess að lítið vinnsla hefur átt sér þar stað, enn sem komið er.
- 7) Núverandi kvörðun reiknilíkansins af Hengli hefur staðfest spár sem gerðar voru um framtíðarafköst Nesjavalla árið 2002. Er talið að Nesjavellir standi undir 120 MW virkjun og að bora þurfi á 2-5 ára fresti næstu 30 árin til að afköst haldist í toppi allan tímann. Þá er því spáð að meðalvermi holna verði á bilinu 1600 til 1800 kJ/kg. Ekki er gert ráð fyrir niðurdælingu á Nesjavöllum.
- 8) Þá sýnist sem Hellisheiðin sé mikils vís hvað varðar orkuforða. Hins vegar er enn talsverð óvissa í mati á þeim holufjölda sem þarf til að standa undir misstórum virkjunum í framtíðinni. Hinn mikli orkuforði sem nú hefur tekist að staðfesta með rannsóknarborunum, gerir það að verkum að val Orkuveitu Reykjavíkur á Hellisheiði sem framtíðarvirkjunarsvæði sýnist rétt og eðlilegt.
- 9) Unnt er að setja upp framtíðarvinnslutilfelli í reiknilíkaninu þar sem Hellisheiðarvirkjun verður af stærðinni 40 til 120 MW í rafafli. Virðist sem þurfi kringum 11 vinnsluholur til að reka 40 MW stöð í 30 ár, 21 fyrir 80 MW stöð og 32 fyrir 120 MW stöð. Mikil óvissa er samt í holufjöldanum, einkum fyrir það að enn hafa fáar holur verið boraðar. Skortir því þann tölfræðilega grunn sem þarf til að giska sæmilega rétt á afköst og æðadýpi meðalholu á Hellisheiði.
- 10) Skoðað var hver yrðu áhrif þess að dæla öllu skiljuvatni niður sunnan Hveradala, miðað við að á Hellisheiði blésu áfram jafnmargar holur og í spám án niðurdælingar. Virðist talsverður ávinningur af niðurdælingunni, eða á bilinu 20-50 % afkastaaukning eftir viðmiði. Er ástæðan sú að öfugt við Nesjavelli, er þrýstistuðningur við Hellisheiðarjarðhitann mjög takmarkaður. Er spáð talsverðum niðurdrætti með tímanum ef ekki er gripið til niðurdælingar. Varmaforðinn er hins vegar mikill sem gerir niðurdælingu fýsilega hér.
- 11) Reiknilíkanið er talið nægjanlega öruggt til að spá fyrir um að lítil fjárhagsleg áhætta fylgi því að reisa 40 MW orkuver á Hellisheiði. Fjárhagslega áhættan vex hins vegar hratt ef virkja á í enn stærri áföngum. Mögulegt er að minnka áhættuna með því að láta holur blása á Hellisheiði í nokkur ár og þrepaskipta virkjanaáföngum. Eða þá að krefjast hás verðs fyrir orkuna frá stórum byrjunaráfanga, ef til þess kæmi að jarðhitakerfið standi ekki undir orkuverinu og byrji að dala í afköstum fljótlega eftir gangsetningu með tilheyrandi viðbótar-kostnaði í borunum og gufuveitu.
- 12) Þá leiða litlar þrýstingsbreytingar í borholu á Kolviðarhóli, allt frá árinu 1986, til þess að spáð er óverulegum þrýstisamgangi milli virkjanasvæðanna á Hellisheiði og á Nesjavöllum. Hlýtur það að teljast mikilvæg niðurstaða fyrir framtíðarrekstur þessara svæða.
- 16) Erfiðara er að segja fyrir um áhrif vinnslunnar austan Bitrusprungunnar sökum þess að ekki er gert ráð fyrir hita- og massauppstreymi norðan Hveragerðis í líkaninu. Þó virðist ljóst að þrýstitruflun frá Hellisheiðarvirkjun verður mjög lítil og hægfara í Hveragerði og á Ölkelduhálsi.

- 17) Skoðað var hvort þær breytingar sem verða á jarðhitakerfum í Hengli séu afturkræfar, með því að slökkva á allri vinnslu árið 2036. Kom þá í ljós að þrýstingur og vökvamassi svæðanna jafnar sig hratt að upphafsástandinu árið 1975. Virðist þurfa að líða u.þ.b. mannsaldur til að þessir eiginleikar svæðanna hafi verið endurheimtir. Að sama skapi flokkast massavinnslan fram til ársins 2036 og stöðvun hennar þá, sem afturkræf á þessum tímaskala.
- 18) Hins vegar sýnist sem 300-400 ár þurfi að líða frá stöðvun vinnslu og þar til varmaforði reiknilíkansins nái upphafsástandinu árið 1975. Hefur áformaða vinnslan þannig skert varmaforða jarðhitakerfanna í Hengli, eins og þau eru skilgreind í reiknilíkaninu, um 3-4 %. Þá bendir skoðun á holuhita til að jafnvel þurfi allt að 1000 ára bið uns hitinn hefur jafnað sig að fullu. Áformuð vinnsla teljist því afturkræf á tímaskalanum 300-1000 ár en ekki á tímaskalanum einn mannsaldur eins og í tilfelli þrýstings og vökvamassa.
- 19) Þess ber að geta í þessu sambandi að vafaatriði í ástandi orkuforðans í Hengli næstu árin eru talin túlkuð reiknilíkaninu í óhag. Til að mynda er ekki gert ráð fyrir varmainnspýtingu vegna eldvirkni, lektarbreytinga vegna jarðhníks eða að djúpt og heitt aðstreymi til jarðhitakerfanna vaxi með auknum þrýstiniðurdrætti. Fylgi úttektin þannig þeirri reglu umhverfissvísinda að vafaatriði beri að túlka náttúrunni og/eða komandi kynslóðum í hag.
- 20) Þó svo að jarðhitakerfunum í Hengli sé spáð talsverðum breytingum í innra ástandi árið 2036 frá því sem var 1975, er talið að áformaðar virkjanir geti verið afskrifaðar og í fullum rekstri á þeim tímamarki. Sú kynslóð sem þá tekur við rekstrinum komi því fjárhagslega og rekstrarlega að góðu búi. Þar með megi líta svo á að til skamms tíma litið sé orkuvinnslan sjálfbær og takmarki ekki möguleika næstu kynslóðar.
- 21) Vinnslan sem nú er áformuð verði hins vegar að teljast ágeng, sökum þess að massastreymi frá jöðrum til miðju jarðhitakerfanna verður um helmingur þess sem tapast nettó upp um borholur. Jaðrar jarðhitakerfanna nái því ekki að endurnýja það sem upp er tekið. Jafnframt megi búast við að draga þurfi úr afköstum virkjananna í framtíðinni og vinnslan verði þannig færð að endurnýjanlegum eiginleikum jarðhitakerfanna. Allar líkur eru á að rafmagnsvélar virkjananna muni fyrstar finna fyrir þeim samdrætti meðan heitavatnsframleiðslan eigi sér enn mjög langa framtíð.
- 22) Þá telja höfundar að reynslan af 25 ára rekstri orkuvera í Svartsengi og Kröflu, auk 15 ára á Nesjavöllum, hafi verið farsæl og skilað bættum lífskjörum og þekkingu í landinu. Núlifandi kynslóð býr þannig að betri tækni og forsendum til byggingar nýrrar jarðhitavirkjana en kynslóðin sem tók ákvarðanir um smíð ofangreindra virkjana upp úr árinu 1975. Þennan 15-25 ára rekstur má því skilgreina sem sjálfbæran. Allar líkur séu á að áformaðar virkjanir í Hengli verði það einnig, verði þess gætt að reynslan og þekkingin af rekstri þeirra skili sér út til samfélagsins og næstu kynslóða. Eykst þannig færni komandi kynslóða til að haga jarðhitavinnslu þannig að hún teljist hvoru tveggja, sjálfbær og afturkræf.



## 14. HEIMILDIR

Arnar Hjartarson, Grímur Björnsson og Guðmundur S. Böðvarsson, 2001a: *Þrívítt reiknilíkan af Hellisheiði og Nesjavöllum. Staða og horfur í nóvemberbyrjun 2001*. Orkustofnun, greinargerð, ArH/GrB/GSBö-2001/01.

Arnar Hjartarson, Grímur Björnsson og Guðmundur S. Böðvarsson, 2001b: *Þrívítt reiknilíkan af Hengli. Staða og horfur í árslok 2001*. Orkustofnun, greinargerð, ArH/GrB/GSBö-2001/02.

Arnar Hjartarson, 2002: *Þrívítt reiknilíkan af Hengli, skeljar og forrit. Hönnun líkansin, meðhöndlun og útvíkkun þess*. Orkustofnun, greinargerð, ArH-2001/01.

Arnar Hjartarson og Grímur Björnsson, 2003: *Forrit sem teikna hita og þrýsting í plönum og sniðum við Hengil*. Orkustofnun, greinargerð, ArH/GrB-2003/01.

Björnsson A., Hersir G.P. and G. Björnsson, 1986: The Hengill High-Temperature Area in SW-Iceland. Regional Geophysical Survey. *Geothermal Resources Council Transactions*, Vol. 10, pp. 205-210, 1986.

Grímur Björnsson, Ómar Sigurðsson, Guðmundur S. Böðvarsson og Benedikt Steingrímsson, 2000 *Nesjavellir. Endurkvarðað reiknilíkan og spár um ástand jarðhitakerfis við aukna vinnslu* Orkustofnun, Rannsóknasvið OS-2000/019, 40 s.

Grímur Björnsson, Arnar Hjartarson og Benedikt Steingrímsson, 2002: *Þrívítt reiknilíkan af Hengilssvæði : staða og horfur í júní 2002* Orkustofnun, greinargerð, GrB-ArH-BS-2002/02, 31 s.

Bodvarsson, G, 1951: Report on the Hengill Thermal Area. Investigations carried out in the years 1947 to 1949. Section I.: *Yearbook, Association of Chartered Engineers in Iceland*, pp. 45-48.

Bodvarsson, G.S., Björnsson S., Gunnarsson A., Gunnlaugsson E., Sigurdsson O., Stefansson V. and B. Steingrímsson, 1980: The Nesjavellir Geothermal Field, Iceland. Part 1. Field Characteristics and Development of a three-Dimensional Numerical Model. *Geotherm. Sci. & Tech.*, Vol. 2 (3), pp. 189-228.

Bodvarsson, G.S., Björnsson S., Gunnarsson A., Gunnlaugsson E., Sigurdsson O., Stefansson V. and B. Steingrímsson, 1980: The Nesjavellir Geothermal Field, Iceland. Part 2: Evaluation of the generating capacity of the system. . *Geotherm. Sci. & Tech.*, Vol. 2 (3), pp. 229-261.

Bodvarsson, G.S., 1993: *Recalibration of the three-dimensional model of the Nesjavellir geothermal field*. Report prepared for the Reykjavik District Heating, 111 p.

Bodvarsson, G.S., 1998: *Update of the three-dimensional model of the Nesjavellir geothermal field*. Report prepared for Reykjavik District Heating.

Feigl, K.L., Gasperi J., Sigmundsson F. and A. Rigo, 2000: Crustal deformation near Hengill volcano, Iceland 1993-1998. Coupling between magmatic activity and faulting inferred from elastic modeling of satellite radar interferograms. *J. Geophysical Res.*, vol. 105, Ni. B11, 25655-25670.

- Finsterle, S., 1999: *iTOUGH2 Users Guide*. Report LBNL-40040, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, Calif.
- Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson, 2003a: *Þrívítt reiknilíkan af Hengli. Staða og horfur í apríl 2003*. Orkustofnun, greinargerð GrB/ArH-2003/01.
- Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson, 2003b: *Þrívítt reiknilíkan af Hengli. Staða og horfur í maí 2003*. Orkustofnun, greinargerð GrB/ArH-2003/02.
- Guðni Axelsson, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Pálmason, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Ólafur G. Flóvenz, Sveinbjörn Björnsson og Valgarður Stefánsson, 2001a: *Um sjálfbæra nýtingu jarðhita. Umfjöllun málstofu Orkustofnunar*. Orkustofnun, greinargerð GAx/ÁsG/BS/GP/HÁ/HTul/ÓGF-/SvB/VS-2001/06.
- Guðni Axelsson, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðmundur Pálmason, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Ólafur G. Flóvenz, Sveinbjörn Björnsson og Valgarður Stefánsson, 2001b: *Um endurnýjanleika jarðhitans. Umfjöllun málstofu Orkustofnunar*. Orkustofnun, greinargerð GAx/ÁsG/BS/GP/HÁ/HTul/ÓGF-/SvB/VS-2001/07.
- Gunnar Gunnarsson og Bjarni Reykr Kristjánsson, 2003: *Mat á innskotapéttleika í neðri hluta holna HE-3 til HE-7 á Hellisheiði*. Orkustofnun, Rannsóknasv. OS-2003/022 41 s.
- Gunnarsson, A., Steingrímsson B.S., Gunnlaugsson E., Magnusson J. and R. Maack, 1992: Nesjavellir Geothermal Co-Generation Power Plant. *Geothermics*, Vol. 21, No. 4, pp. 559-583.
- Haukwa, C., 1998: *AMESH. A mesh creating program for the integral finite difference method: A User's Manual*. Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-45284, 53 p.
- Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001 *Jarðhiti við Hengil og á Hellisheiði. Niðurstöður viðnámsmælinga*. Orkustofnun, Rannsóknadeild OS-2001/091, 250 s.
- Kristján Sæmundsson, 2003: *Hellisheiðarvirkjun jarðfræðilegar aðstæður á virkjanasvæði*. Íslenskar Orkurannsóknir, greinargerð, KS-2003/02, 8 s. + kort.
- Lovekin J., 2000: *The Economics of Sustainable Geothermal Development*. Proceedings, World Geothermal Congress, Kyushu–Tokyo, Japan, s. 843-848.
- Pruess, K., 1992: Development of the general purpose simulator Mulkom. *1982 Annual Report. Earth Sciences Division*, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, California, LBL-15500, pp 133-134.
- Pruess, K., C. Oldenburg, and G. Moridis, 1992: *TOUGH2 User's Guide, Version 2.0*, Report LBNL-43134, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, Calif.
- Sæmundsson, K., 1967: Vulkanismus und tectonic des Hengill-gebietes in Sudwest-Island. *Acta Naturalia Islandica*, Vol II, no. 7.
- Sigmundsson, S., Einarsson P., Rögnvaldsson S.Th., Foulger G.R., Hodgkinson K.M. and G. Thorbergsson, 1997: The 1994-1995 seismicity and deformation at the Hengill triple junction, Iceland: Triggering of earthquakes by minor magma injection in a zone of horizontal shear stress. *J. Geoph. Res.*, vol. 102, no. B7, pp. 15,151-15,161.
- Stacey F. D., 1977: *Physics of the Earth*. John Wiley & Sons, Inc. 414 s.

Tryggvason A., Rögnvaldsson S.Th. and O.G. Flovenz, 2002: Three-dimensional imaging of the P- and S-wave velocity structure and earthquake locations beneath Southwest Iceland. *Geophys. J. Int.*, vol. 151, 848-866.

Wessel, P., and W. H. F. Smith, 1995: *The Generic Mapping Tools (GMT), version 3.0 Technical Reference & Cookbook*, SOEST/NOAA.

## VIÐAUKI A: Lýsing bergeiginleika

Sýndir eru mislitir kassar sem eru númeraðir frá 1 upp í 42. Svarar hver til sinnar bergtegundar sem er skilgreind í inntaki TOUGH2 forritsins. Ofan við kassana er nafn bergsins, en hægra megin við þá eru skilgreindar eftirfarandi stærðir:

$\phi$  er poruhluti (%)

$k_x$  er lekt númer 1 í inntaki og oftast nær ráðandi lárétt lekt (mD)

$k_y$  er lekt sem svarar í fáum tilfellum til þéttra skilveggja í líkaninu (mD)

$k_z$  er lekt sem svarar til lóðréttra tenginga milli laga líkansins (mD)

$k$  er varmaleiðni bergsins (W/m/°C)

$C_R$  er varmarýmd bergsins (J/kg/°C)

Undir myndinni er tilvísun til unix-skeljarinnar sem teiknaði myndina.



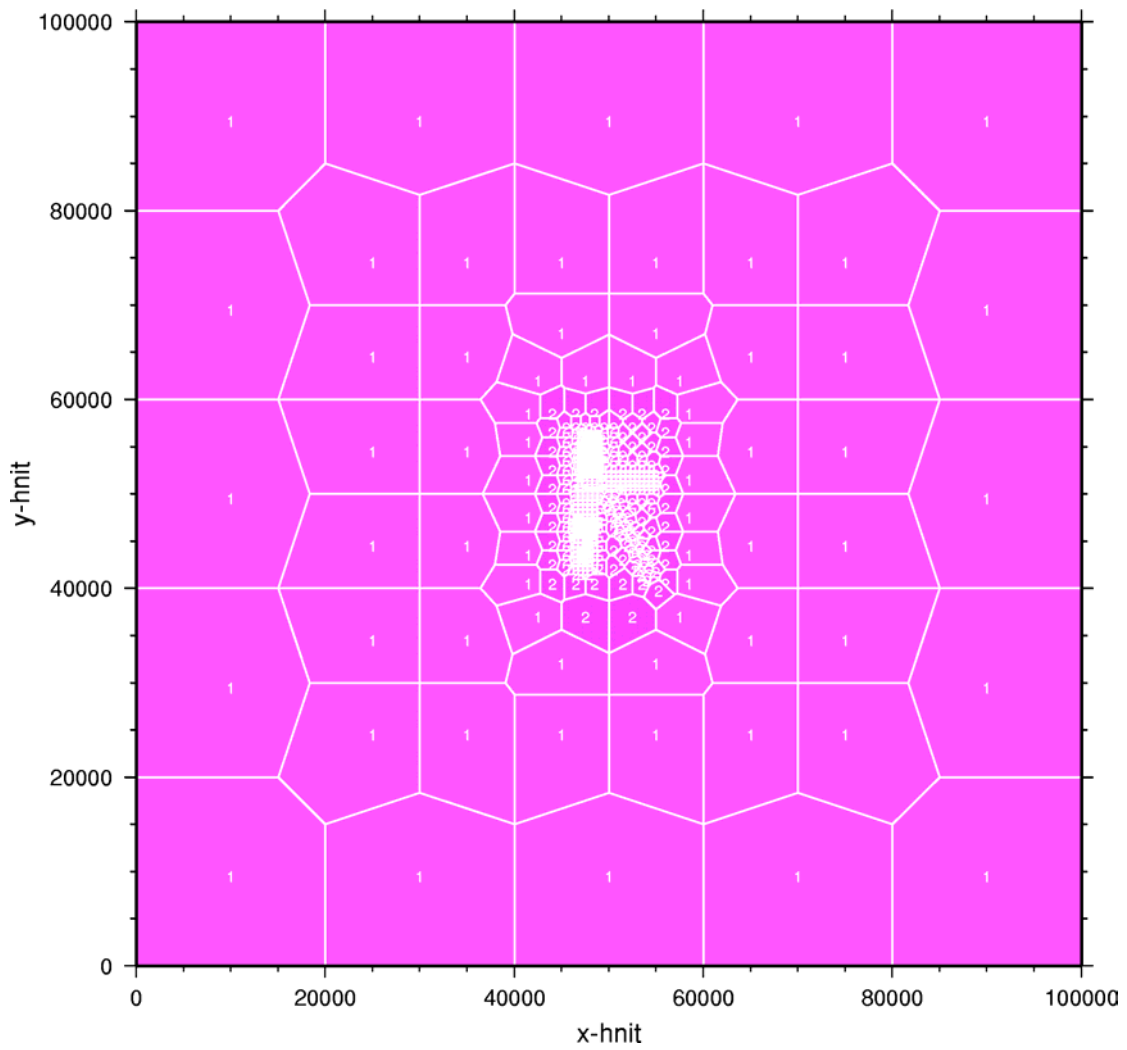
LOFTI $\phi = 10.0$ $K_x = 0.001683$ $K_y = 0.001683$ $K_z = 0.001683$ $K = 2.2$ $c_R = 1.000$	WEL13 $\phi = 5.0$ $K_x = 4.945$ $K_y = 4.945$ $K_z = 4.945$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	JADAR $\phi = 10.0$ $K_x = 10$ $K_y = 0.001$ $K_z = 1$ $K = 2.1$ $c_R = 0.1000E+51$	STEAM $\phi = 5.0$ $K_x = 29.4$ $K_y = 0.001$ $K_z = 29.4$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$
THAK2 $\phi = 5.0$ $K_x = 0.1475$ $K_y = 0.001$ $K_z = 0.1475$ $K = 2.0$ $c_R = 1000.$	STALL $\phi = 5.0$ $K_x = 5.027$ $K_y = 5.027$ $K_z = 5.027$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	HOLA7 $\phi = 5.0$ $K_x = 10.28$ $K_y = 0.001$ $K_z = 10.28$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	WEL19 $\phi = 5.0$ $K_x = 29.99$ $K_y = 29.99$ $K_z = 29.99$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$
HELL1 $\phi = 2.0$ $K_x = 0.1714$ $K_y = 0.001$ $K_z = 0.02122$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	SKEL1 $\phi = 5.0$ $K_x = 5.275$ $K_y = 0.001$ $K_z = 5.275$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	SKEL4 $\phi = 5.0$ $K_x = 11.14$ $K_y = 0.001$ $K_z = 11.14$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	AUSTR $\phi = 10.0$ $K_x = 44.78$ $K_y = 44.78$ $K_z = 44.78$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$
HELL3 $\phi = 5.0$ $K_x = 0.2265$ $K_y = 0.001$ $K_z = 0.2265$ $K = 8.0$ $c_R = 1000.$	SKEL2 $\phi = 5.0$ $K_x = 5.275$ $K_y = 0.001$ $K_z = 5.275$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	UPPST $\phi = 10.0$ $K_x = 13.31$ $K_y = 0.001$ $K_z = 108.3$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	HSPR3 $\phi = 10.0$ $K_x = 44.83$ $K_y = 0.0001$ $K_z = 1$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$
GUFA3 $\phi = 5.0$ $K_x = 0.41$ $K_y = 0.001$ $K_z = 0.41$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	HKRA1 $\phi = 5.0$ $K_x = 7$ $K_y = 0.001$ $K_z = 1$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	KRAGI $\phi = 3.0$ $K_x = 16.9$ $K_y = 16.9$ $K_z = 16.9$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	KYRDL $\phi = 10.0$ $K_x = 60.14$ $K_y = 0.001$ $K_z = 60.14$ $K = 2.1$ $c_R = 1.000$
HELL4 $\phi = 5.0$ $K_x = 0.5268$ $K_y = 0.001$ $K_z = 0.5268$ $K = 8.0$ $c_R = 1000.$	BBOTN $\phi = 3.0$ $K_x = 7.079$ $K_y = 1e-36$ $K_z = 1e-21$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	KRAGL $\phi = 10.0$ $K_x = 16.9$ $K_y = 16.9$ $K_z = 16.9$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	nKYRL $\phi = 4.0$ $K_x = 143$ $K_y = 0.001$ $K_z = 143$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$
KYRgr $\phi = 10.0$ $K_x = 1.918$ $K_y = 0.001$ $K_z = 1.918$ $K = 2.1$ $c_R = 1.000$	INFIN $\phi = 10.0$ $K_x = 7.079$ $K_y = 0.001$ $K_z = 1$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	HFLEK $\phi = 5.0$ $K_x = 17.52$ $K_y = 0.001$ $K_z = 17.52$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	
HELL2 $\phi = 10.0$ $K_x = 2.373$ $K_y = 0.001$ $K_z = 2.373$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	nNESV $\phi = 10.0$ $K_x = 7.522$ $K_y = 0.001$ $K_z = 7.522$ $K = 2.1$ $c_R = 1.000$	GUFA1 $\phi = 2.0$ $K_x = 18.33$ $K_y = 0.001$ $K_z = 18.33$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	
SKEL3 $\phi = 10.0$ $K_x = 2.482$ $K_y = 0.001$ $K_z = 2.482$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	WEL21 $\phi = 5.0$ $K_x = 8.469$ $K_y = 0.001$ $K_z = 8.469$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	aKYRL $\phi = 3.0$ $K_x = 18.68$ $K_y = 18.68$ $K_z = 18.68$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	
WEL12 $\phi = 5.0$ $K_x = 3.164$ $K_y = 3.164$ $K_z = 3.164$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	WELL5 $\phi = 3.0$ $K_x = 8.657$ $K_y = 8.657$ $K_z = 8.657$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	HSPR2 $\phi = 10.0$ $K_x = 19.61$ $K_y = 0.0001$ $K_z = 1$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	
WEL16 $\phi = 3.0$ $K_x = 4.277$ $K_y = 0.001$ $K_z = 4.277$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	STANG $\phi = 5.0$ $K_x = 9.338$ $K_y = 9.338$ $K_z = 9.338$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	BITgr $\phi = 5.0$ $K_x = 25$ $K_y = 0.001$ $K_z = 10$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	
HSPR1 $\phi = 10.0$ $K_x = 4.389$ $K_y = 0.001$ $K_z = 4.389$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	BITRA $\phi = 5.0$ $K_x = 10$ $K_y = 0.001$ $K_z = 1$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	SSPgr $\phi = 10.0$ $K_x = 25.56$ $K_y = 0.001$ $K_z = 1$ $K = 2.1$ $c_R = 1000.$	

**GMT** Jul 2 14:33:35 2003 Keyrt á /frr/hengill/setja-rocks/skoda/mai28e með skipuninni: ./hengill\_rocks -r mai28e.par

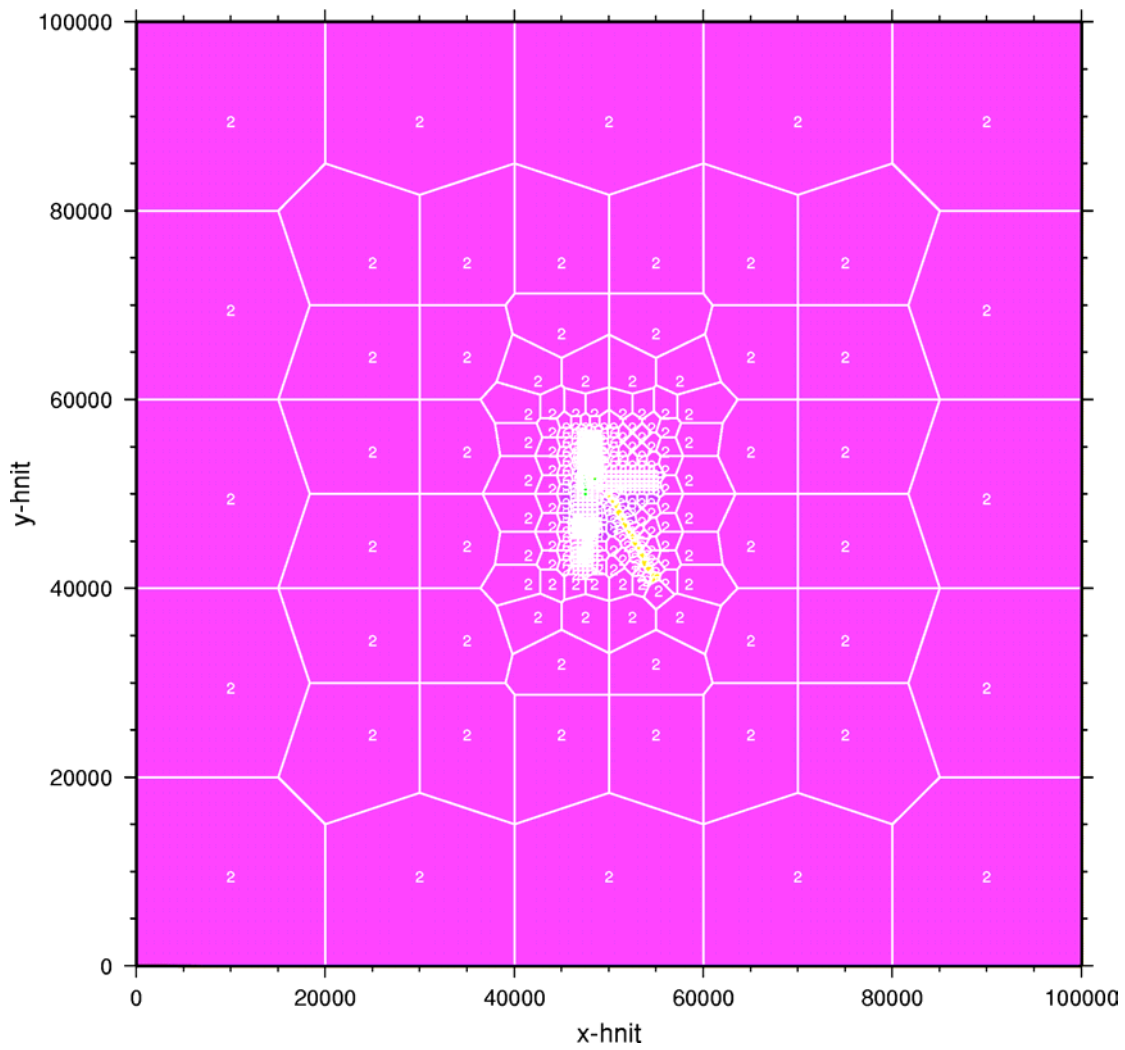
### Mynd 54: Bergeiginleikar reiknilikansins af Hengli

## **VIÐAUKI B. Bergeiginleikar í ysta hluta líkansins**

Myndirnar í þessum viðauka sýna dreifingu bergeiginleika á jöðrum reiknilíkansins af Hengli. Litir og númer inni í kubbum vísa til bergeiginleikanna á mynd 54. Lengdir eru í metrum og í líkanhnitum.

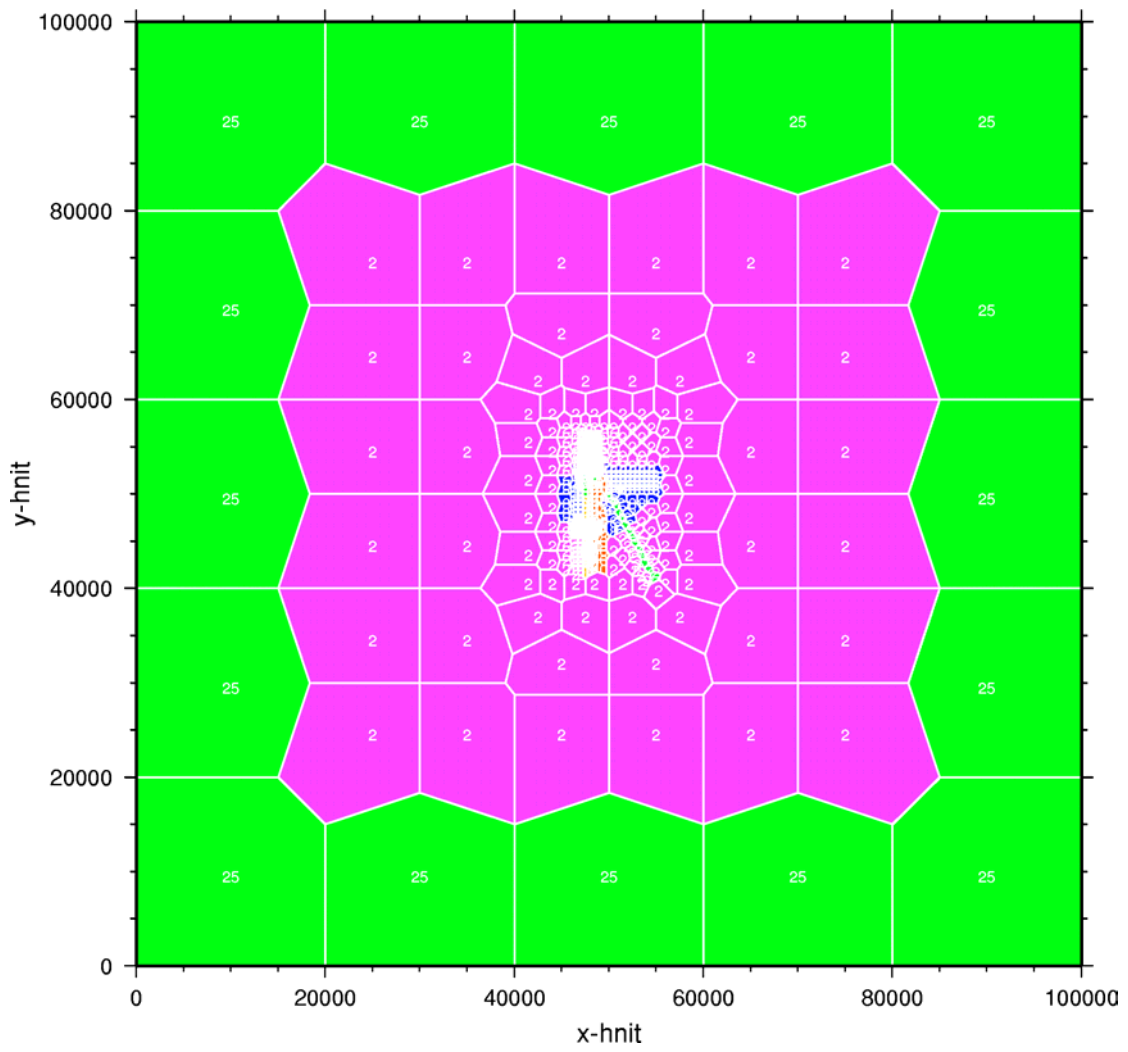


**Mynd 55:** Lag Y er efsta lag líkansins með miðju í 300 m y.s og þykkt 200 m. Lagið er óvirkt og hermir hálandi Hengilssvæðins.

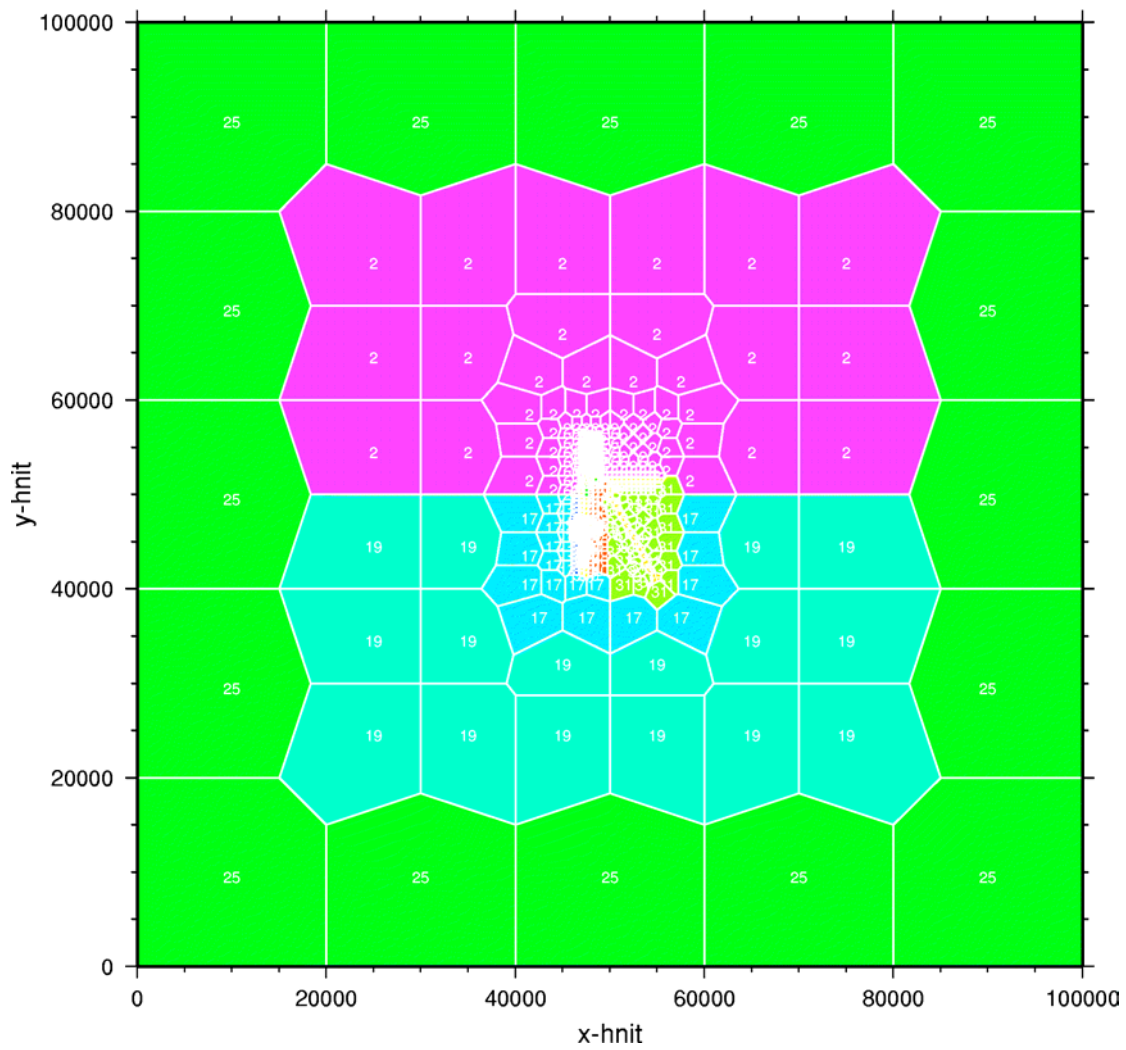


**Mynd 56:** Lag U hefur miðju við sjávarmál og er 400 m að þykkt.  
 Kubbar í ytri hluta þess eru óvirkir.

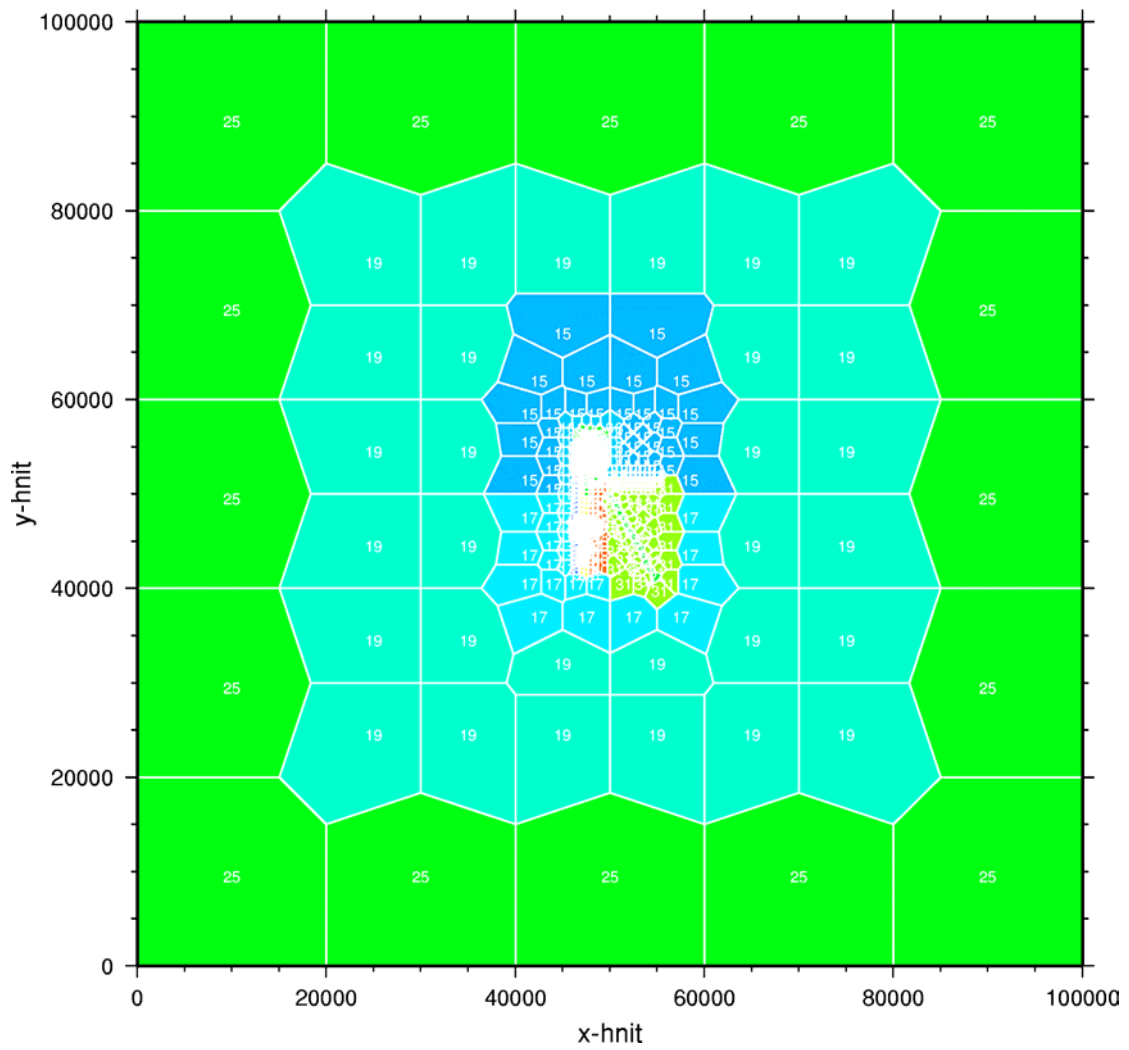




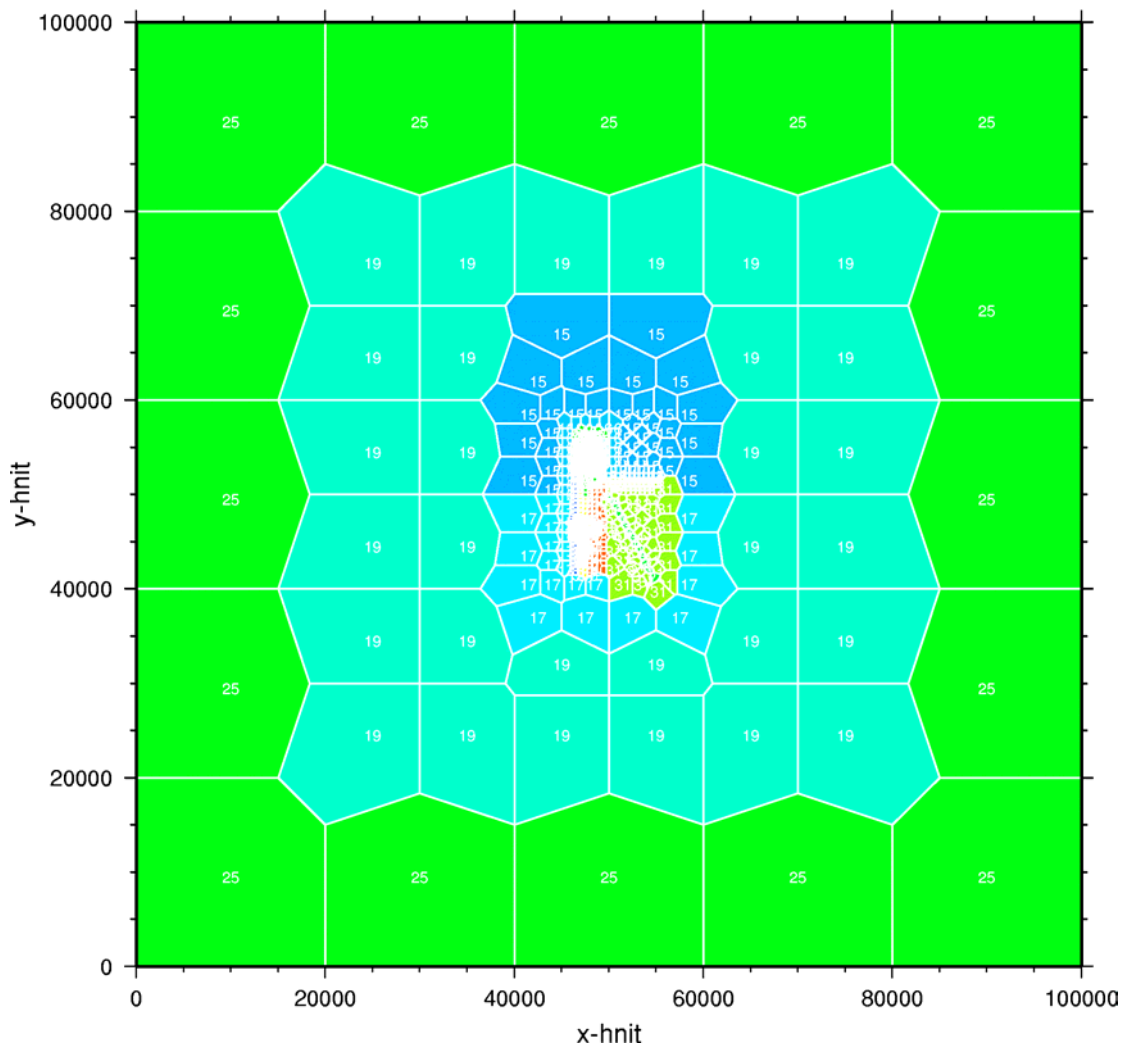
**Mynd 57:** Lag M er með miðju í 350 m u.s og er 300 m þykkt.



**Mynd 58:** Lag G er með miðju í 600 m u.s og er 200 m þykkt.

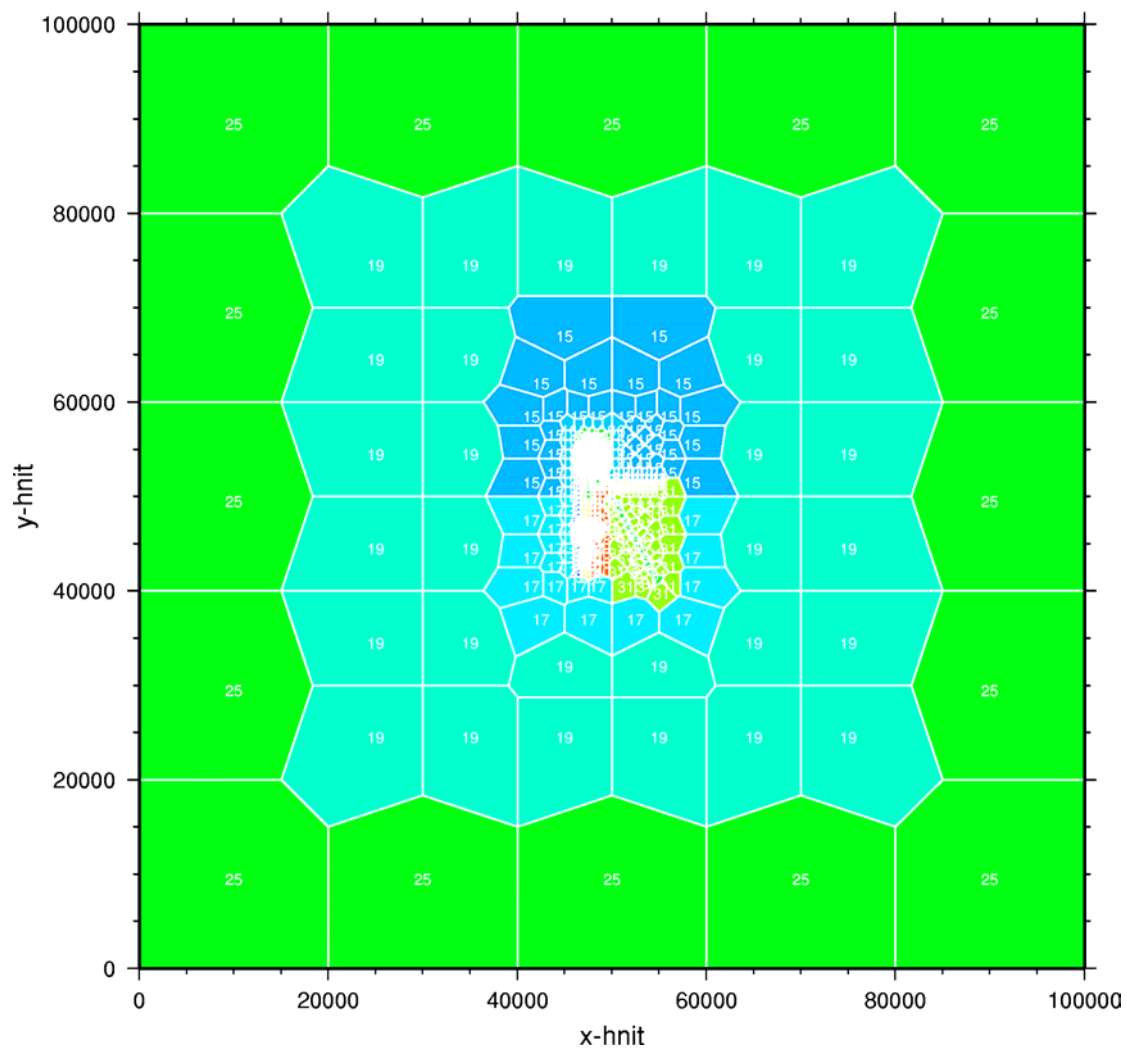


**Mynd 59:** Lag L er með miðju í 850 m u.s og er 300 m þykk.

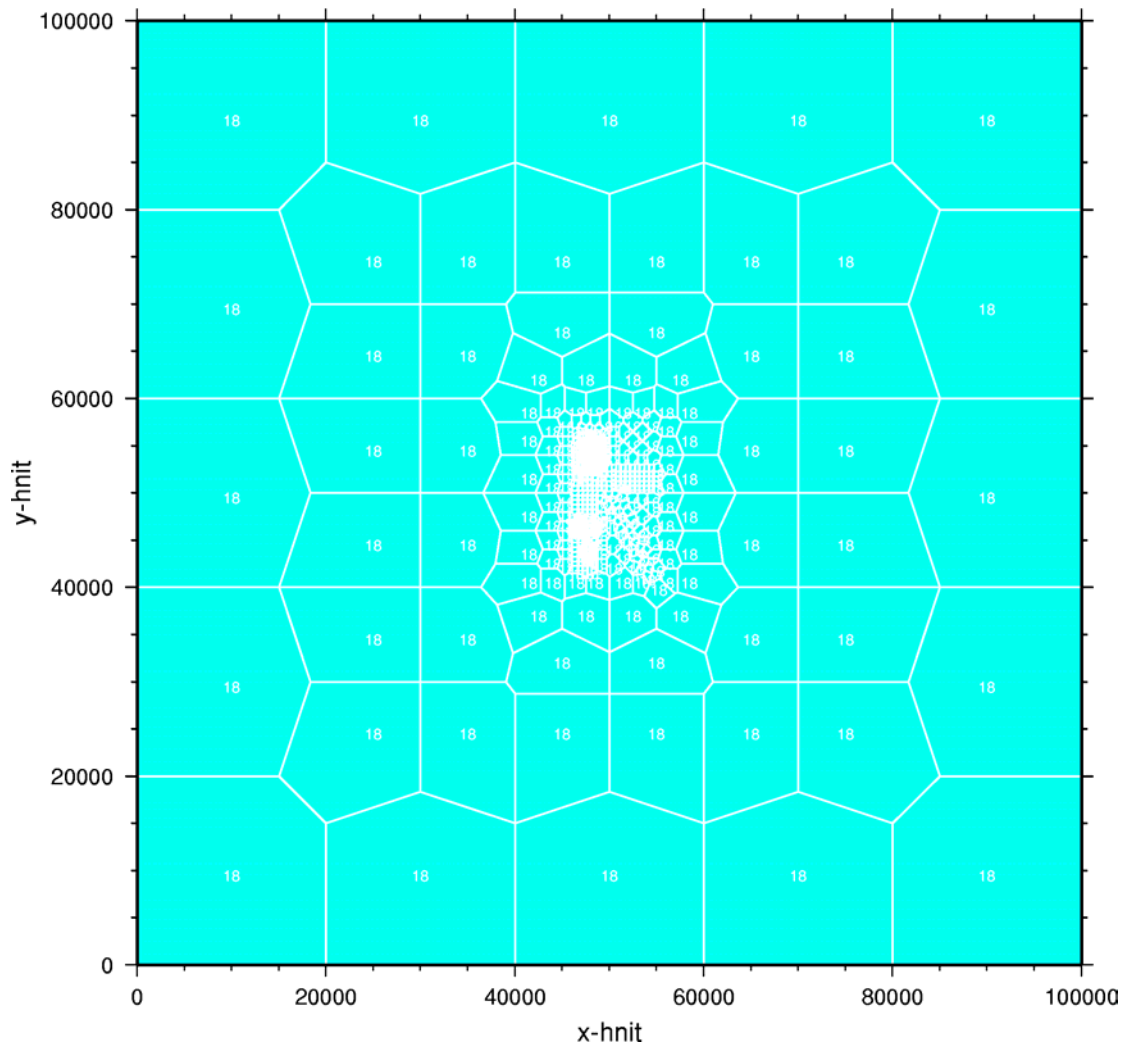


**Mynd 60:** Lag R er með miðju í 1250 m u.s. og er 500 m þykkt.





**Mynd 61:** Lag S er með miðju í 1750 m u.s. og er 500 m þykk.



**Mynd 62:** Lag B er botnlag líkansins. Það er óvirkt og er 400 m þykkt með miðju í 2200 m u.s. Aðeins einn bergeiginleiki er í þessu lagi.

## **VIÐAUKI C: Bergeiginleikar umhverfis Hengil**

Myndirnar í þessum viðauka sýna dreifingu bergeiginleika umhverfis Hengil. Litir og númer inni í kubbum vísa til bergeiginleikanna á mynd 54. Lengdir eru í metrum og í líkanhnitum.

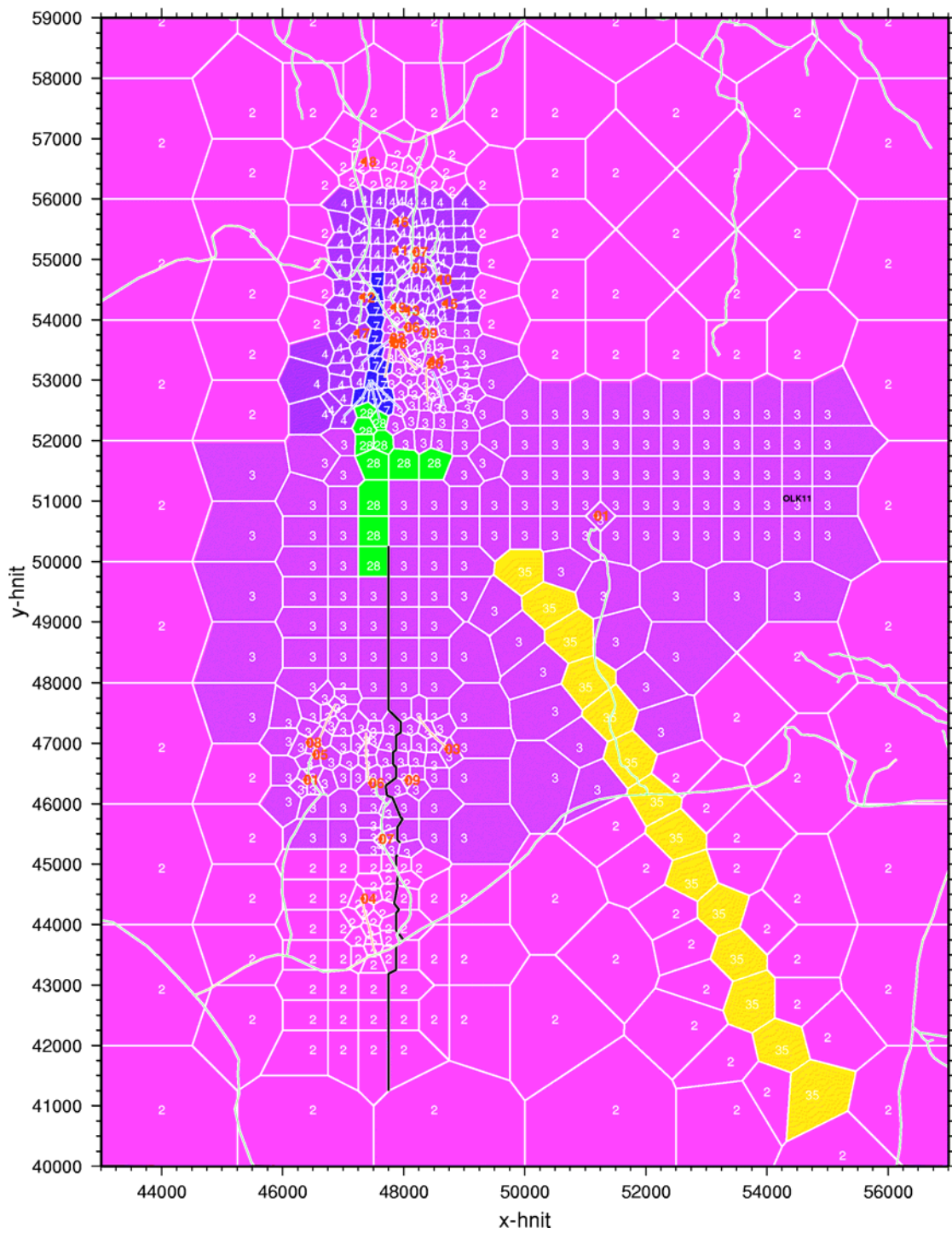
Kubbar eru aðskildir með hvítum línunum nema þar sem þétt lóðrétt skil eru. Þá er dregin þykk, svört lína um kubbasamskeytin.

Vegir eru í ljósgrænu og númer holna í rauðum stöfum.

Skáholur eru sýndar með rauðri línu ofan í hvítu utan að á Nesjavöllum eru “óboraðar” skáholur sýndar með bláu striki ofan í hvítu.

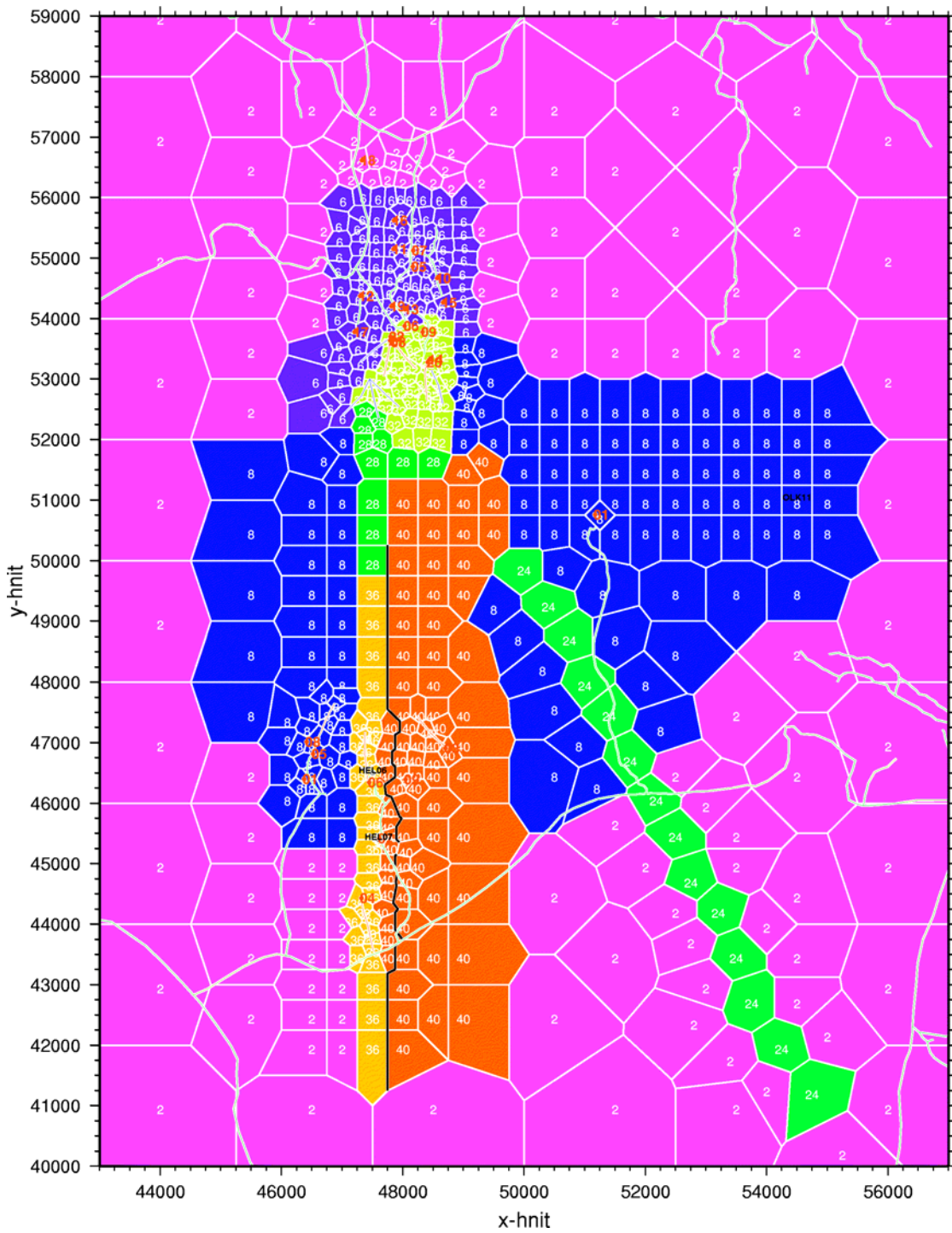
Svartir bókstafir vísa til uppsprettu/svelgsnafna sem eru skilgreind í GENER hluta TOUGH2 reikniverksins.

Ekki eru birtar myndir af lögum Y og B þar sem þau eru einsleit á þessu svæði.

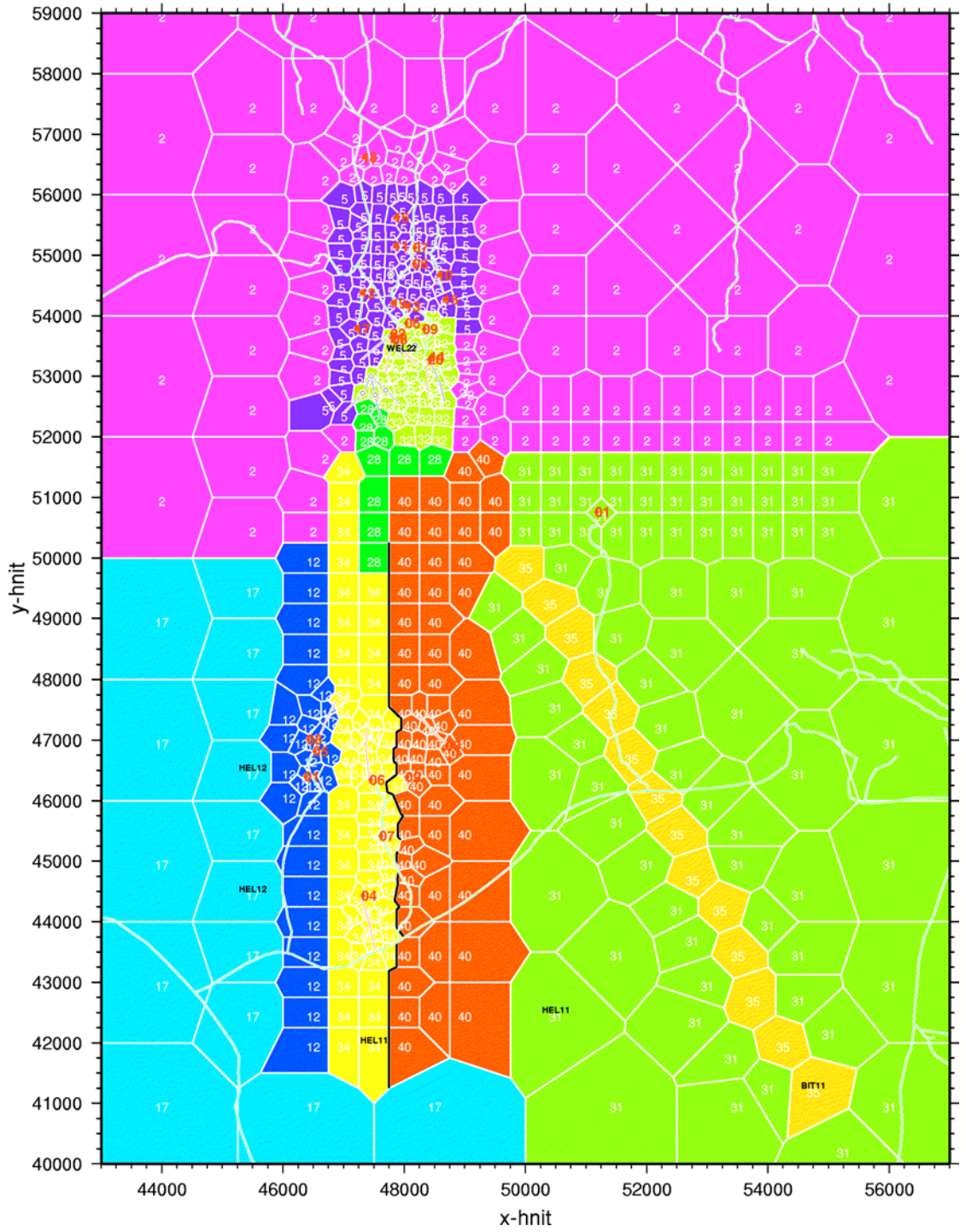


**Mynd 63:** Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi U.

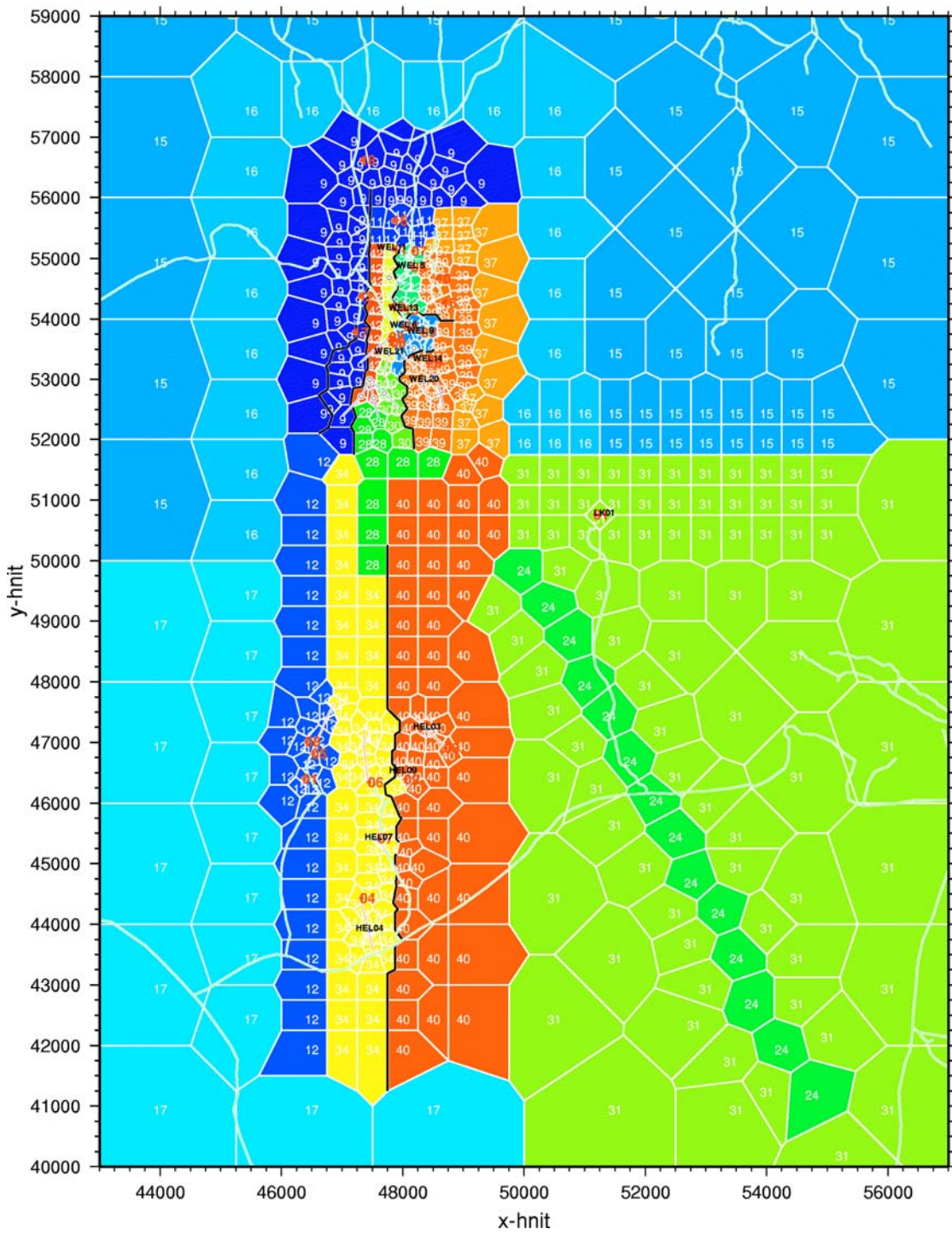




**Mynd 64:** Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi M.

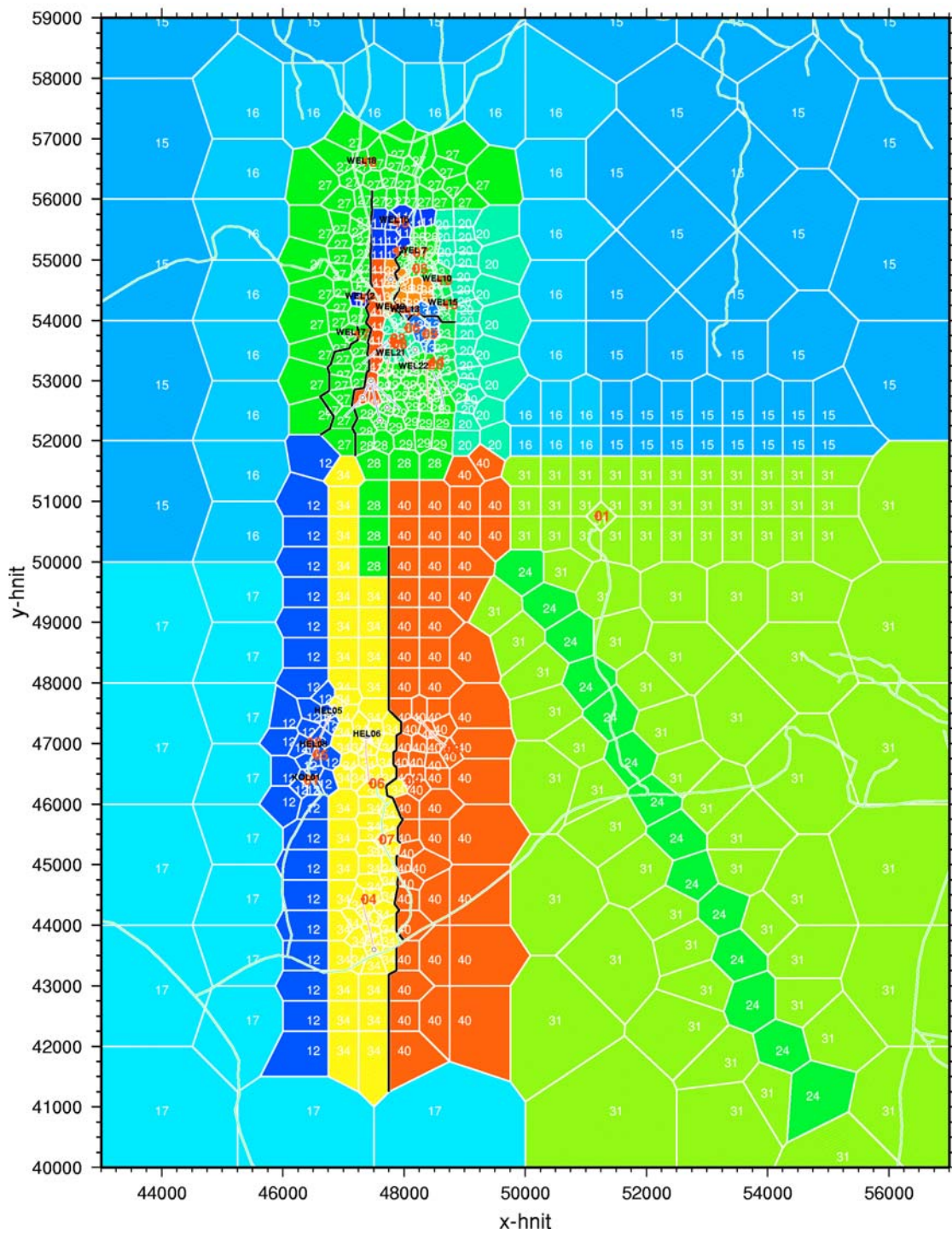


Mynd 65: Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi G.



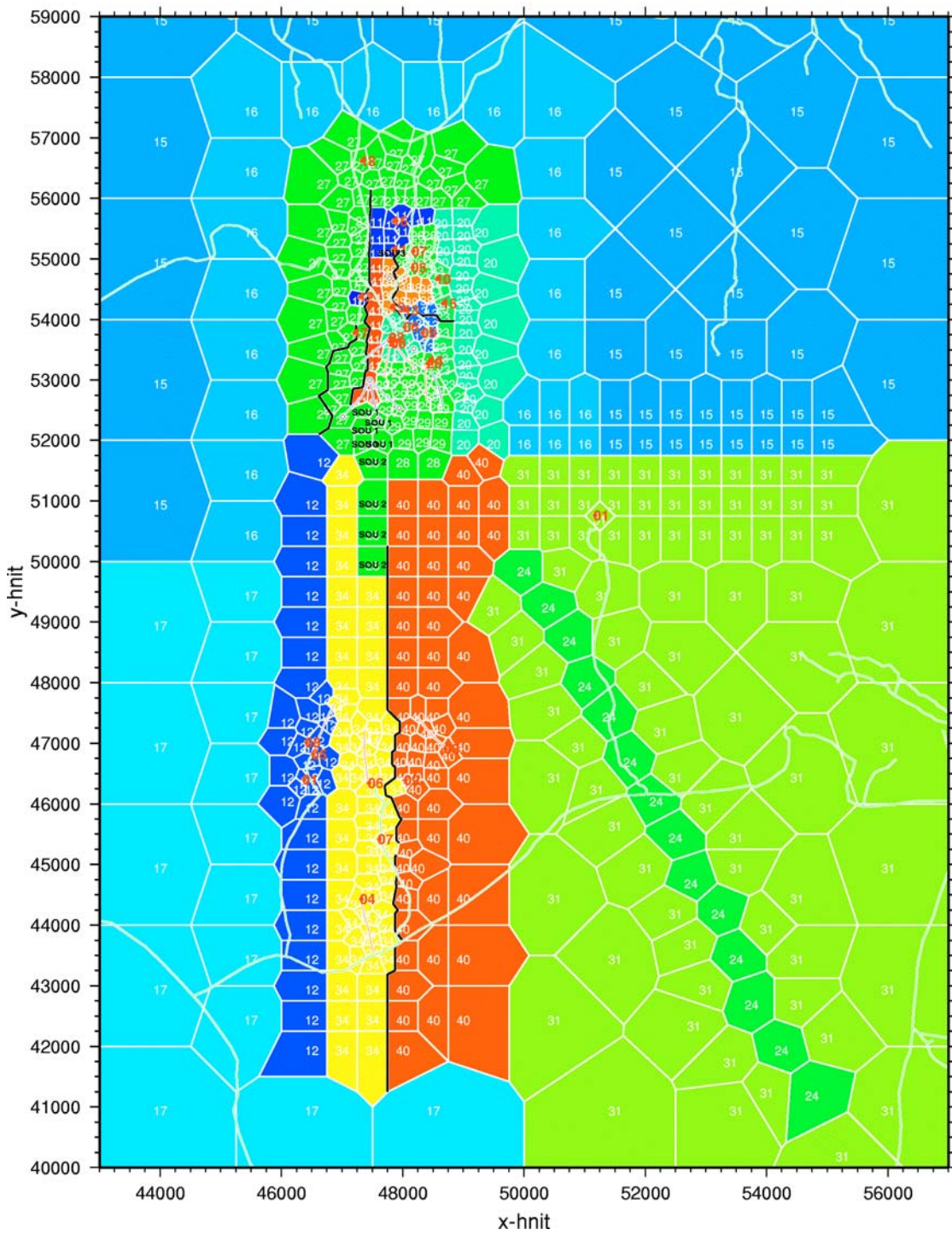
Mynd 66: Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi L.





Mynd 67: Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi R.





Mynd 68: Bergeiginleikar í kringum Hengil í lagi S.

## **VIÐAUKI D: Bergeiginleikar á Nesjavöllum**

Myndirnar í þessum viðauka sýna dreifingu bergeiginleika á Nesjavöllum. Litir og númer inni í kubbum vísa til bergeiginleikanna á mynd 54. Lengdir eru í metrum og í líkanhnitum.

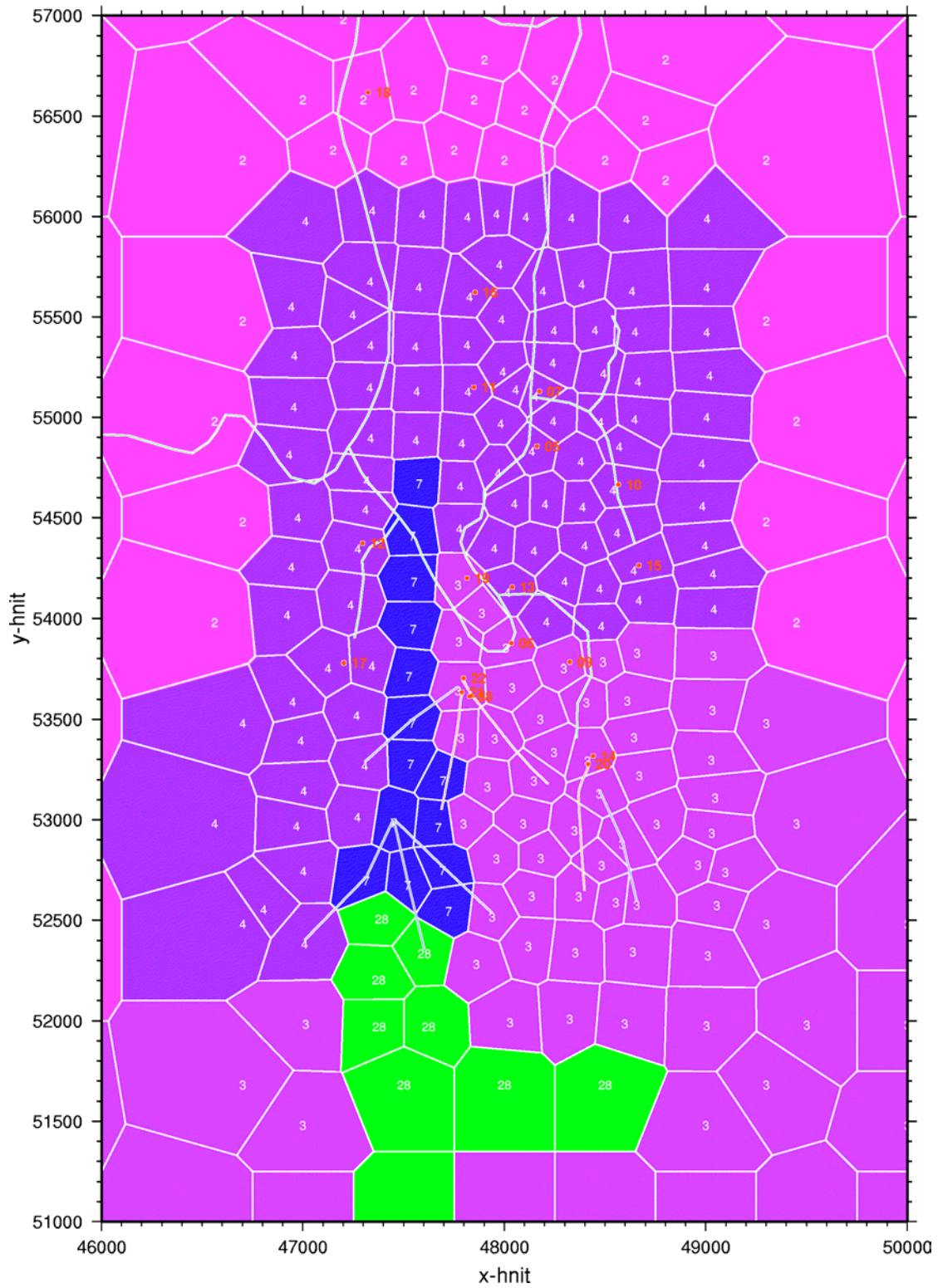
Kubbar eru aðskildir með hvítum línum nema þar sem þétt lóðrétt skil eru. Þá er dregin þykk, svört lína um kubbasamskeytin.

Vegir eru í ljósgrænu og númer holna í rauðum stöfum.

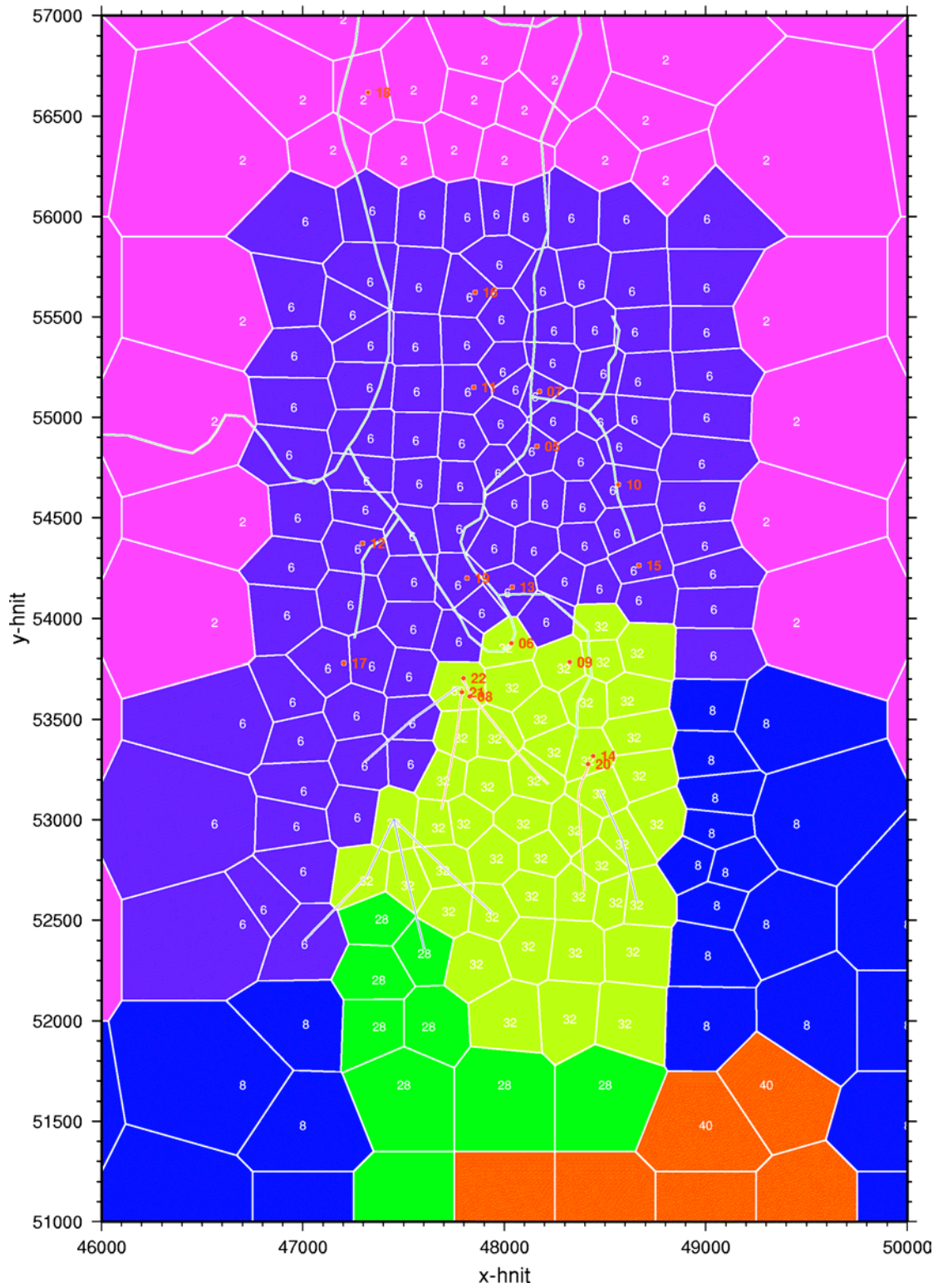
Skáholur eru sýndar með rauðri línu ofan í hvítri utan að á Nesjavöllum eru “óboraðar” skáholur sýndar með bláu striki ofan í hvítu.

Svartir bókstafir vísa til uppsprettu/svelgsnafna sem eru skilgreind í GENER hluta TOUGH2 reikniverksins.

Ekki eru birtar myndir af lögum Y og B þar sem þau eru einsleit á þessu svæði.

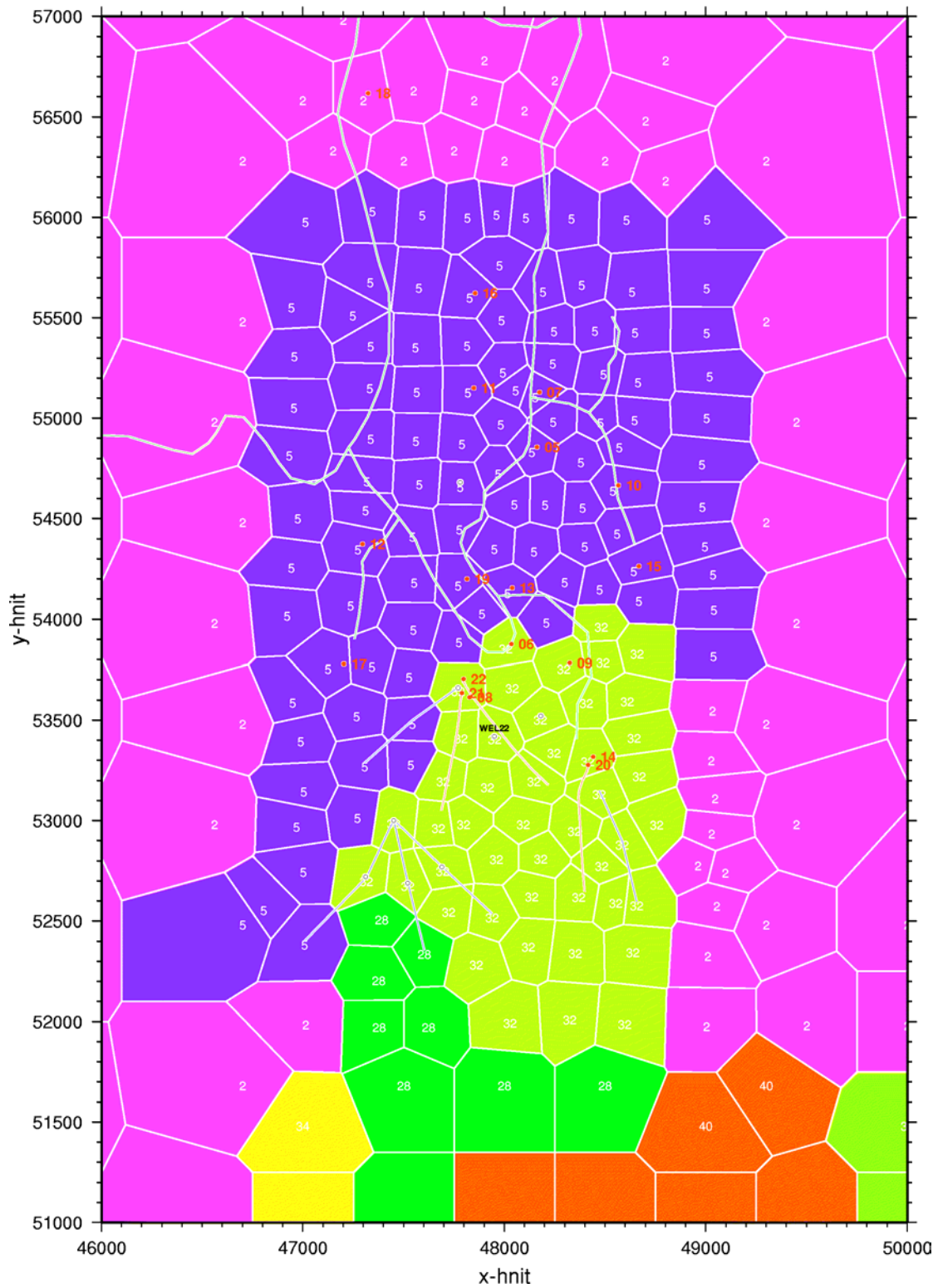


**Mynd 69:** Bergeiginleikar í lagi U á Nesjavöllum.

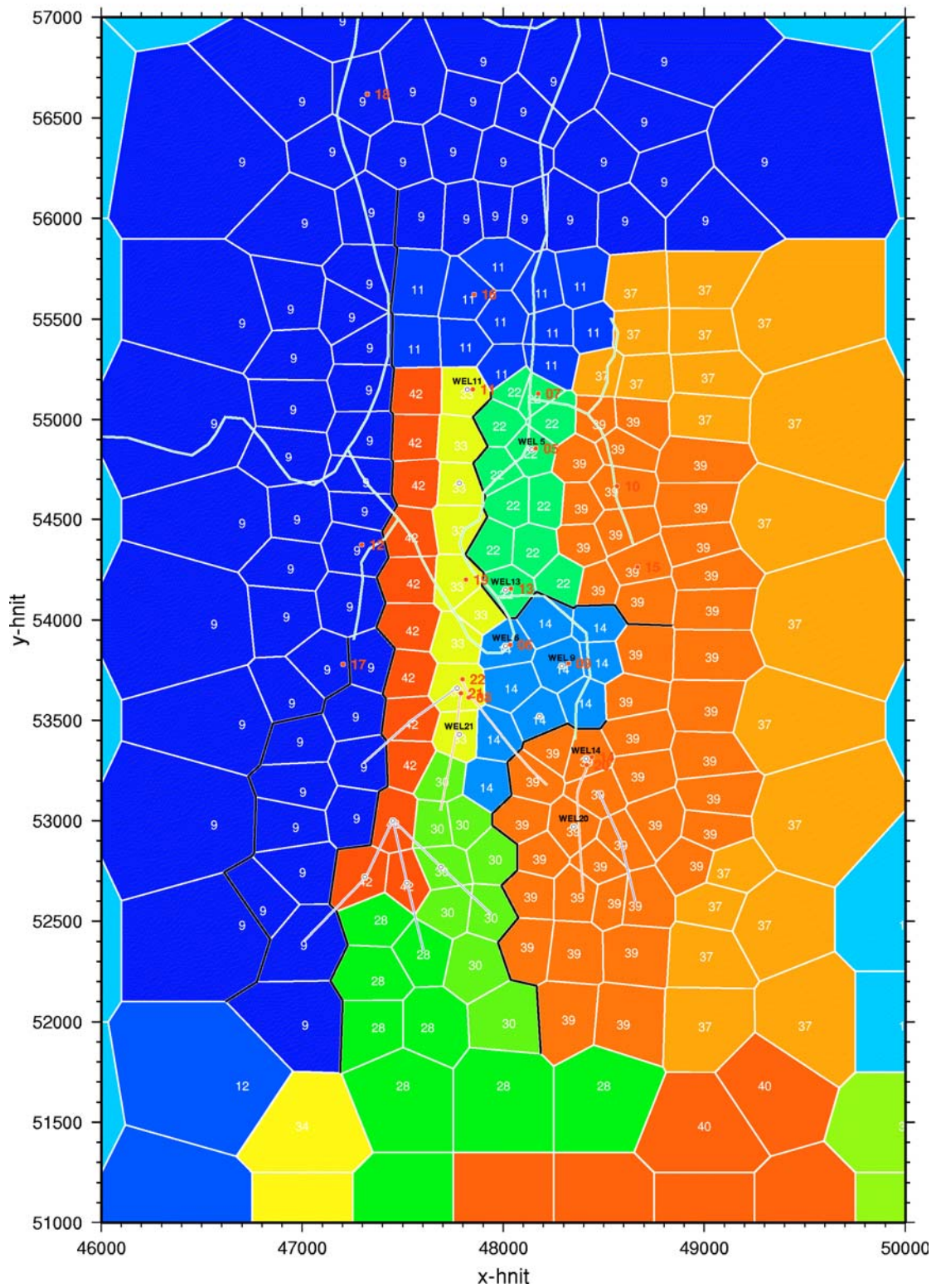


**Mynd 70:** Bergeiginlekar í lagi M á Nesjavöllum

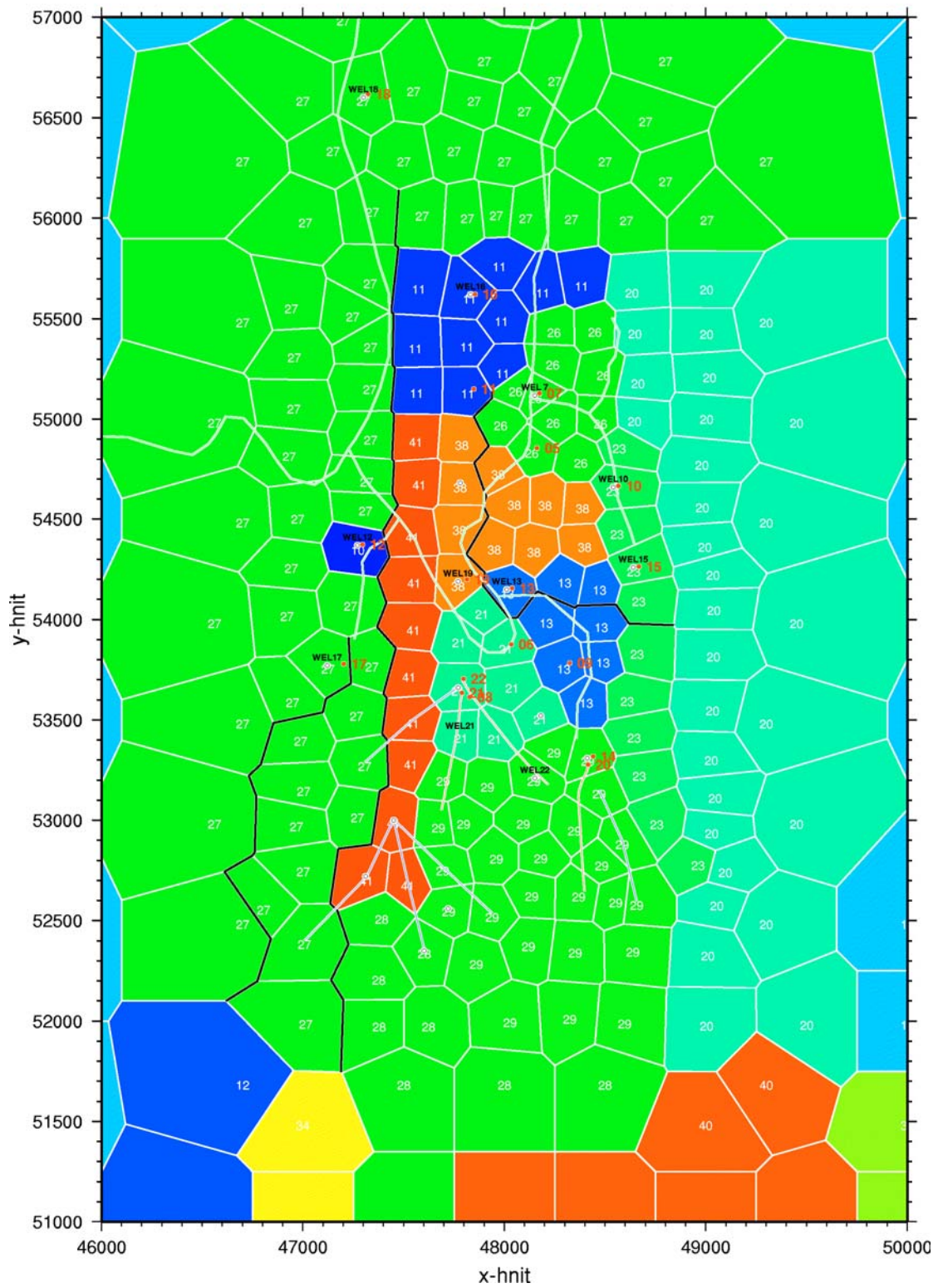




**Mynd 71:** Bergeiginlekar í lagi G á Nesjavöllum

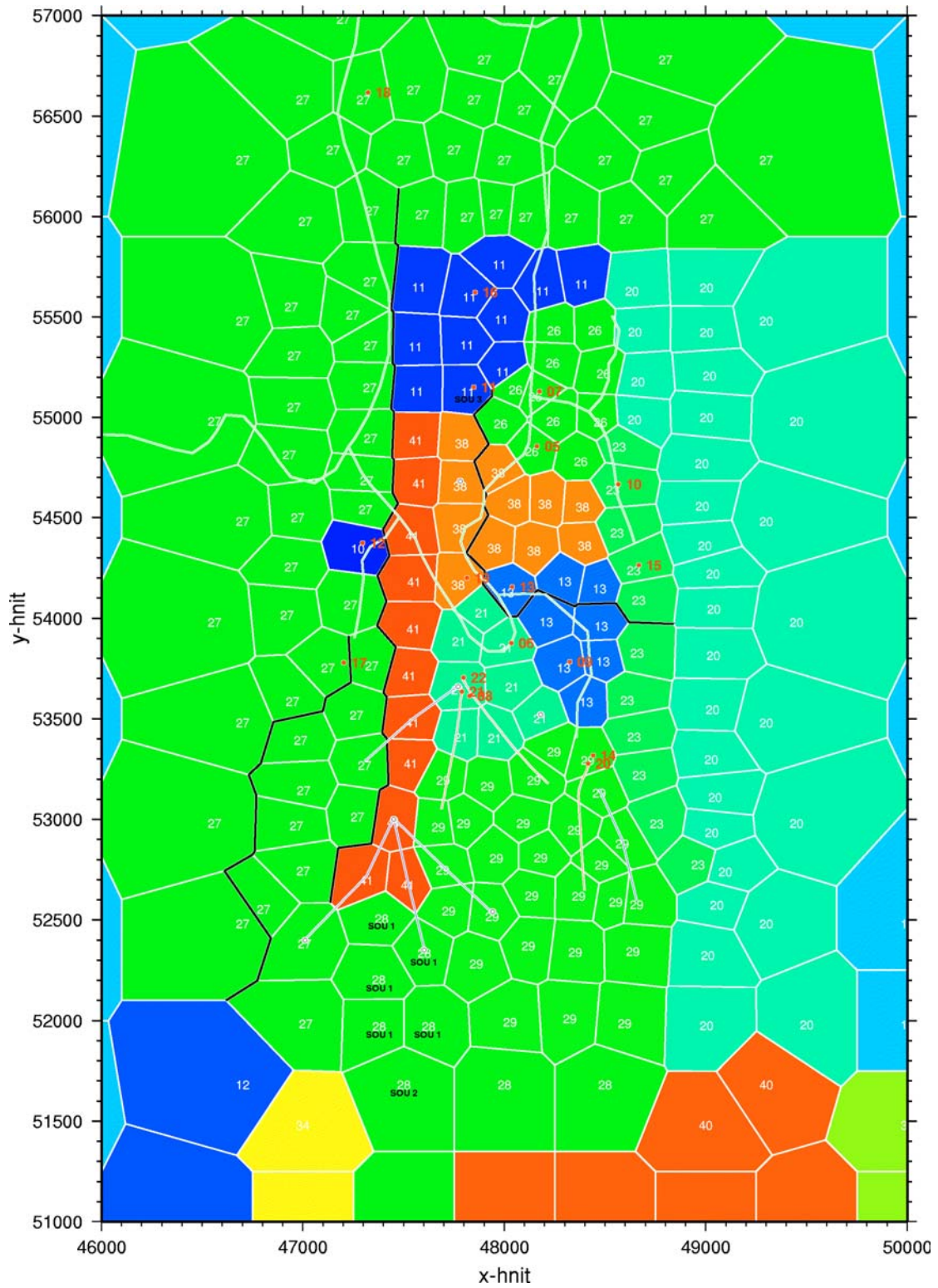


Mynd 72: Bergeiginlekar í lagi L á Nesjavöllum.



Mynd 73: Bergeiginlekar í lagi R á Nesjavöllum.





Mynd 74: Bergeiginlekar í lagi S á Nesjavöllum.



## **VIÐAUKI E: Bergeiginleikar á Hellsheiði**

Myndirnar í þessum viðauka sýna dreifingu bergeiginleika á Hellsheiði. Litir og númer inni í kubbum vísa til bergeiginleikanna á mynd 54. Lengdir eru í metrum og í líkanhnitum.

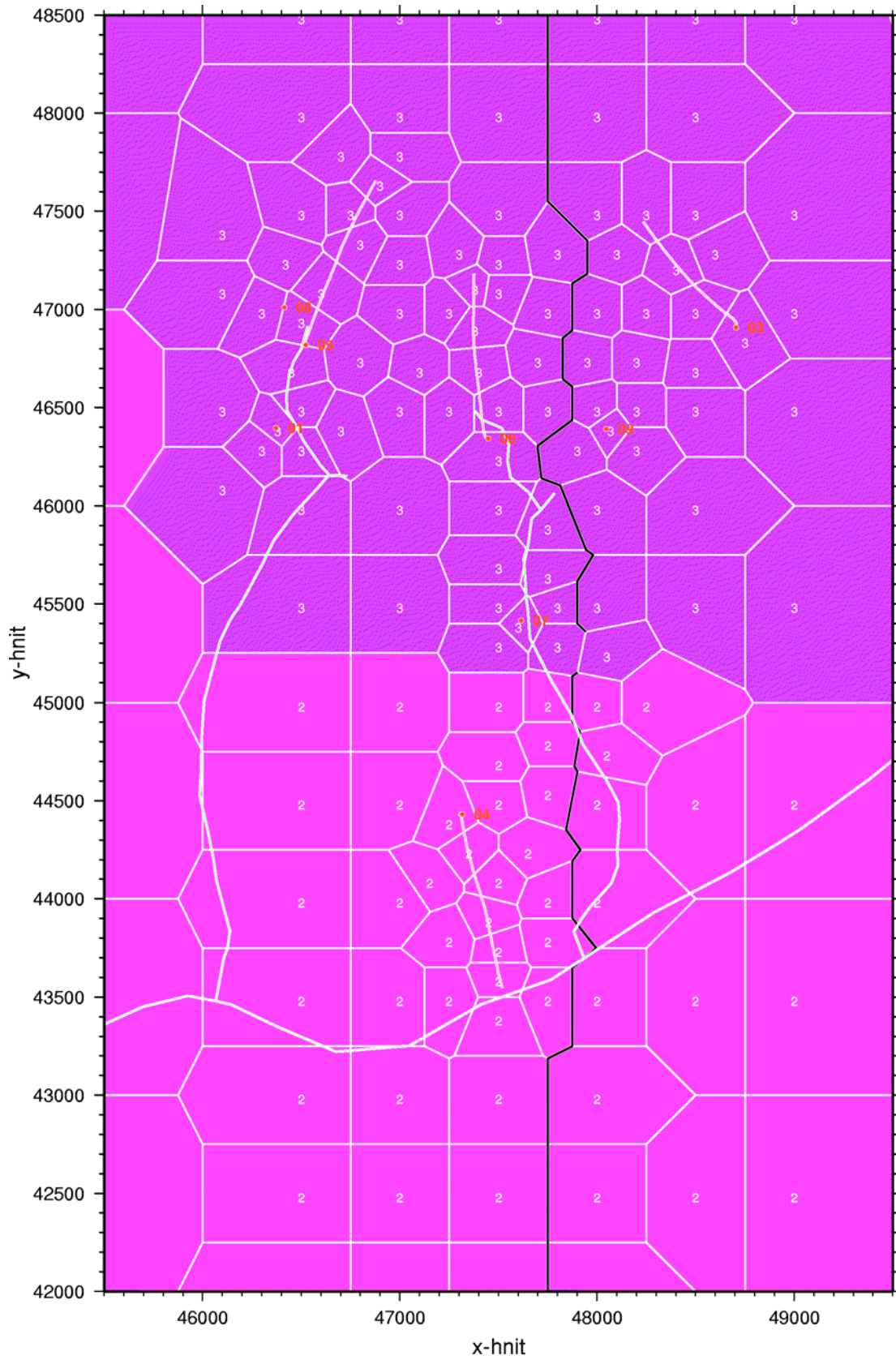
Kubbar eru aðskildir með hvítum línunum nema þar sem þétt lóðrétt skil eru. Þá er dregin þykk, svört lína um kubbasamskeytin.

Vegir eru í ljósgrænu og númer holna í rauðum stöfum.

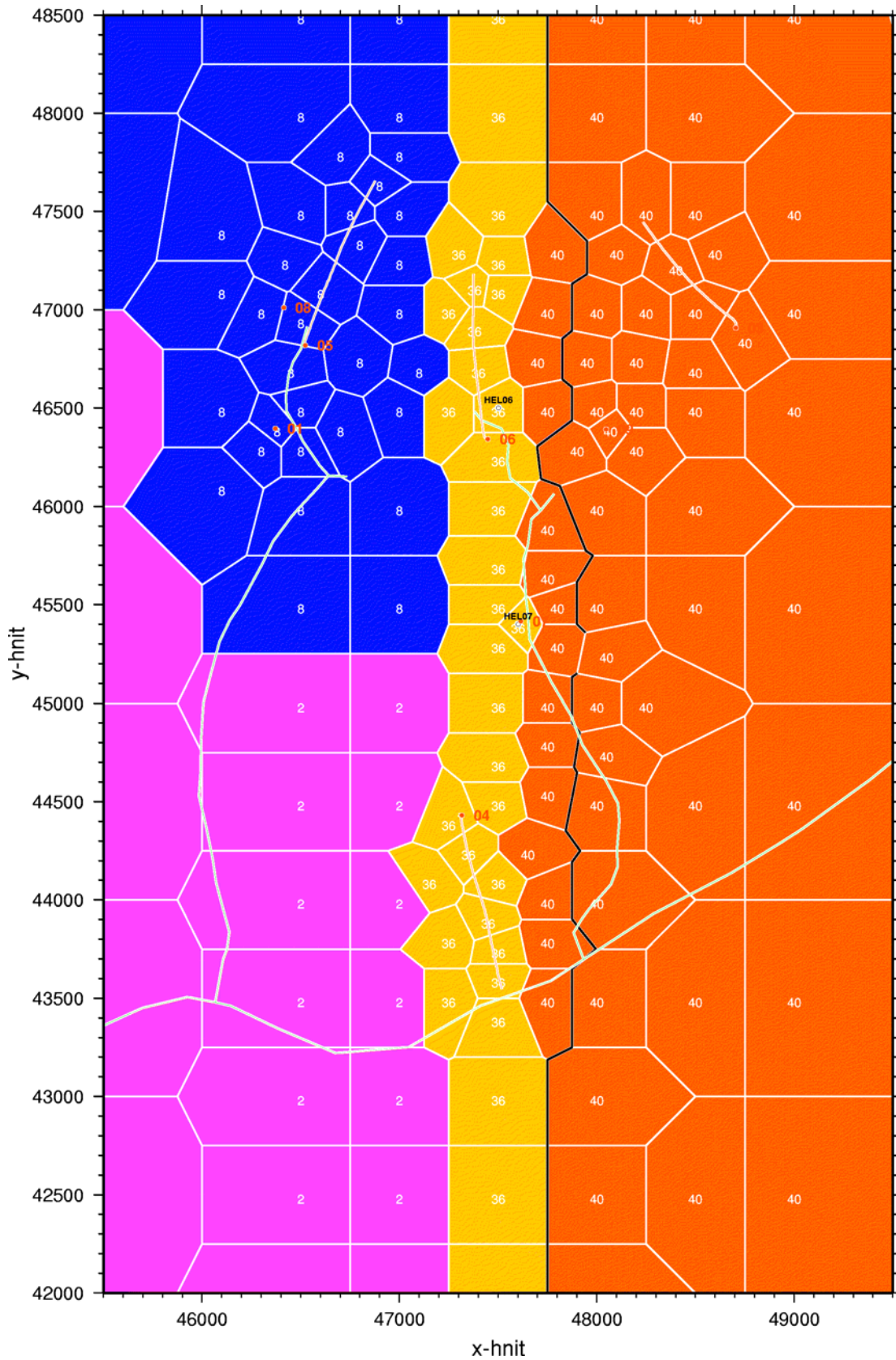
Skáholur eru sýndar með rauðri línu ofan í hvítri utan að á Nesjavöllum eru “óboraðar” skáholur sýndar með bláu striki ofan í hvítu.

Svartir bókstafir vísa til uppsprettu/svelgsnafna sem eru skilgreind í GENER hluta TOUGH2 reikniverksins.

Ekki eru birtar myndir af lögum Y og B þar sem þau eru einsleit á þessu svæði.

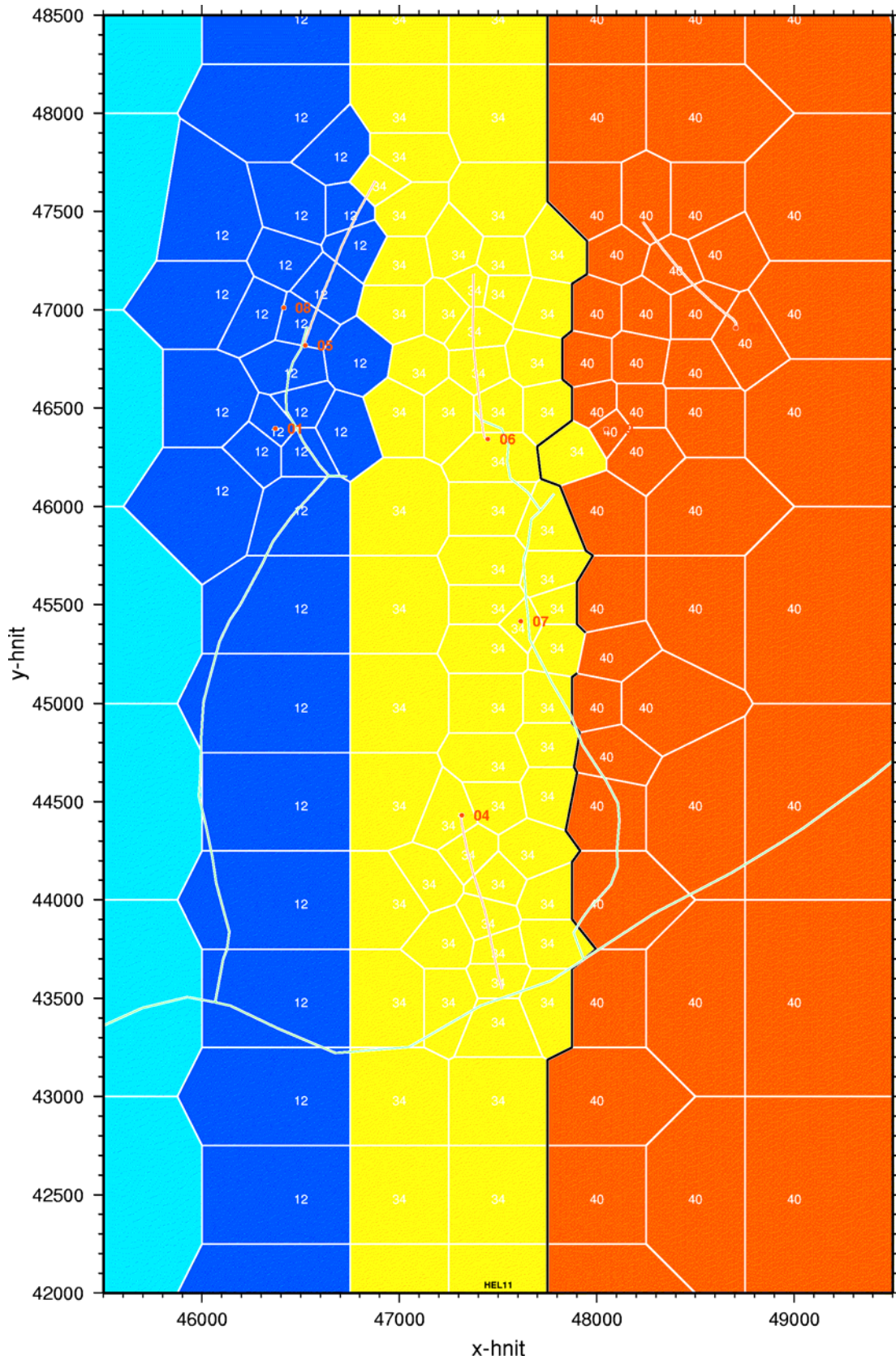


**Mynd 75:** Bergeiginleikar á Hellið í lagi U.



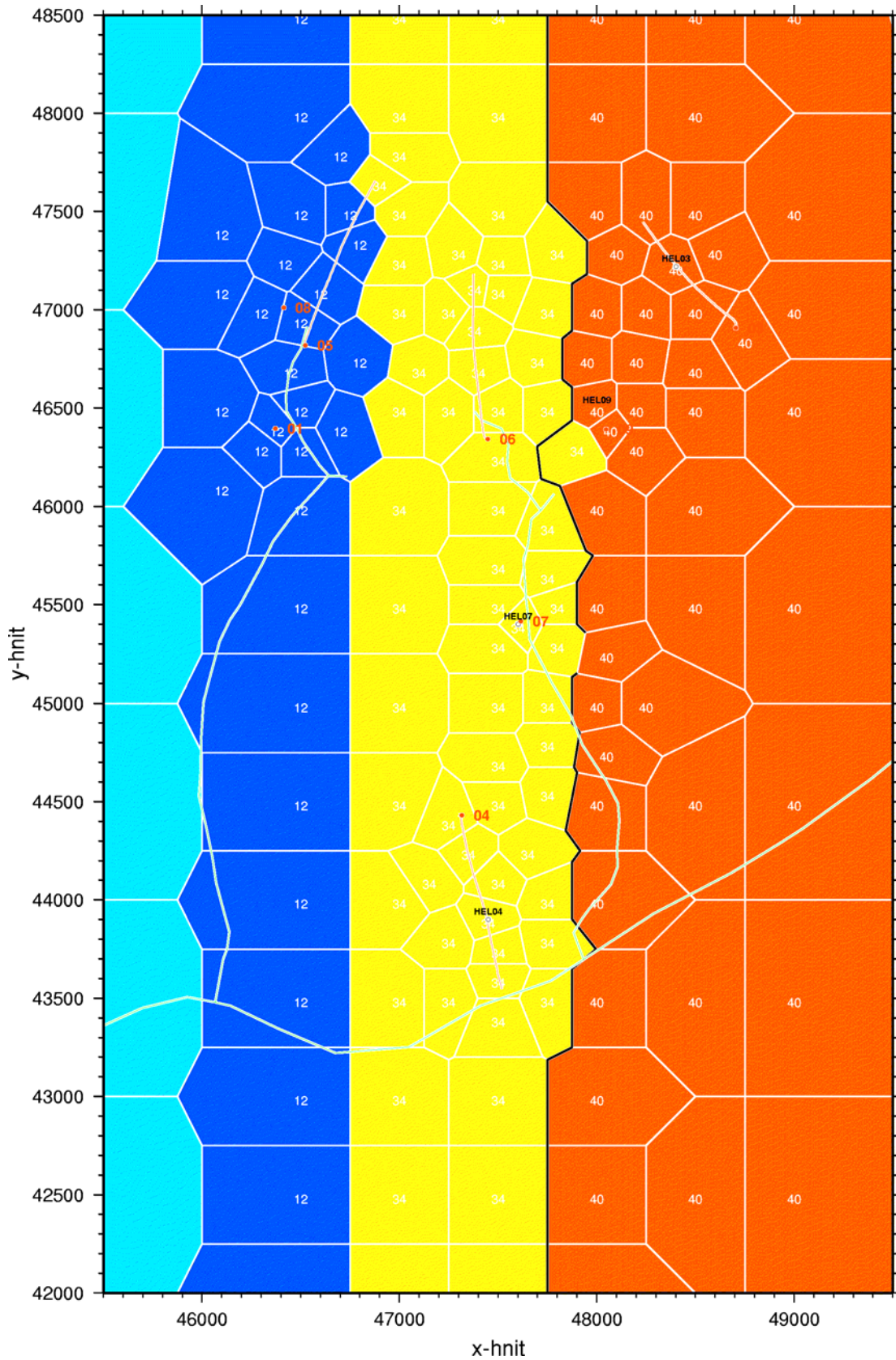
**Mynd 76:** Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi M.



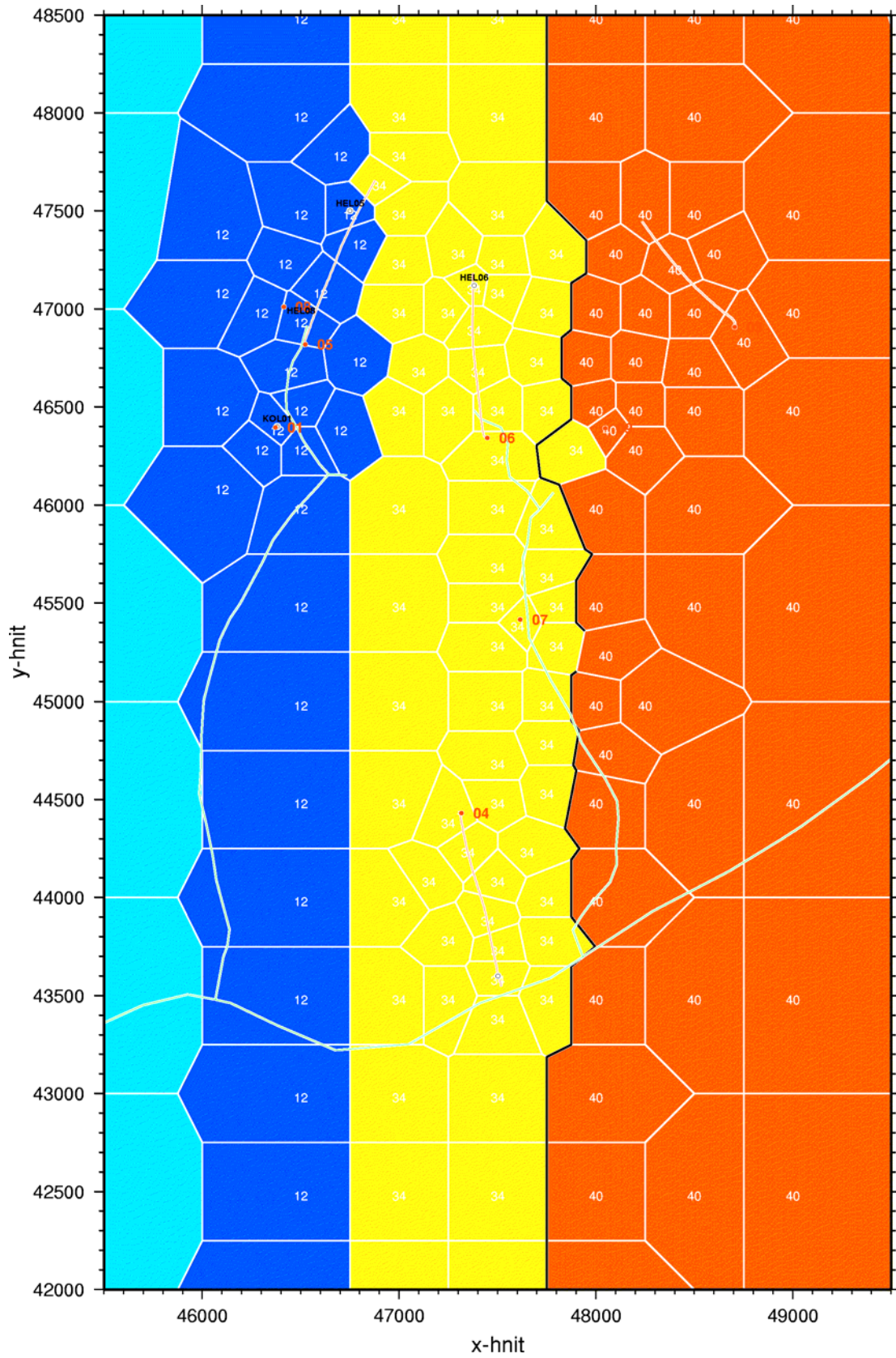


**Mynd 77:** Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi G.



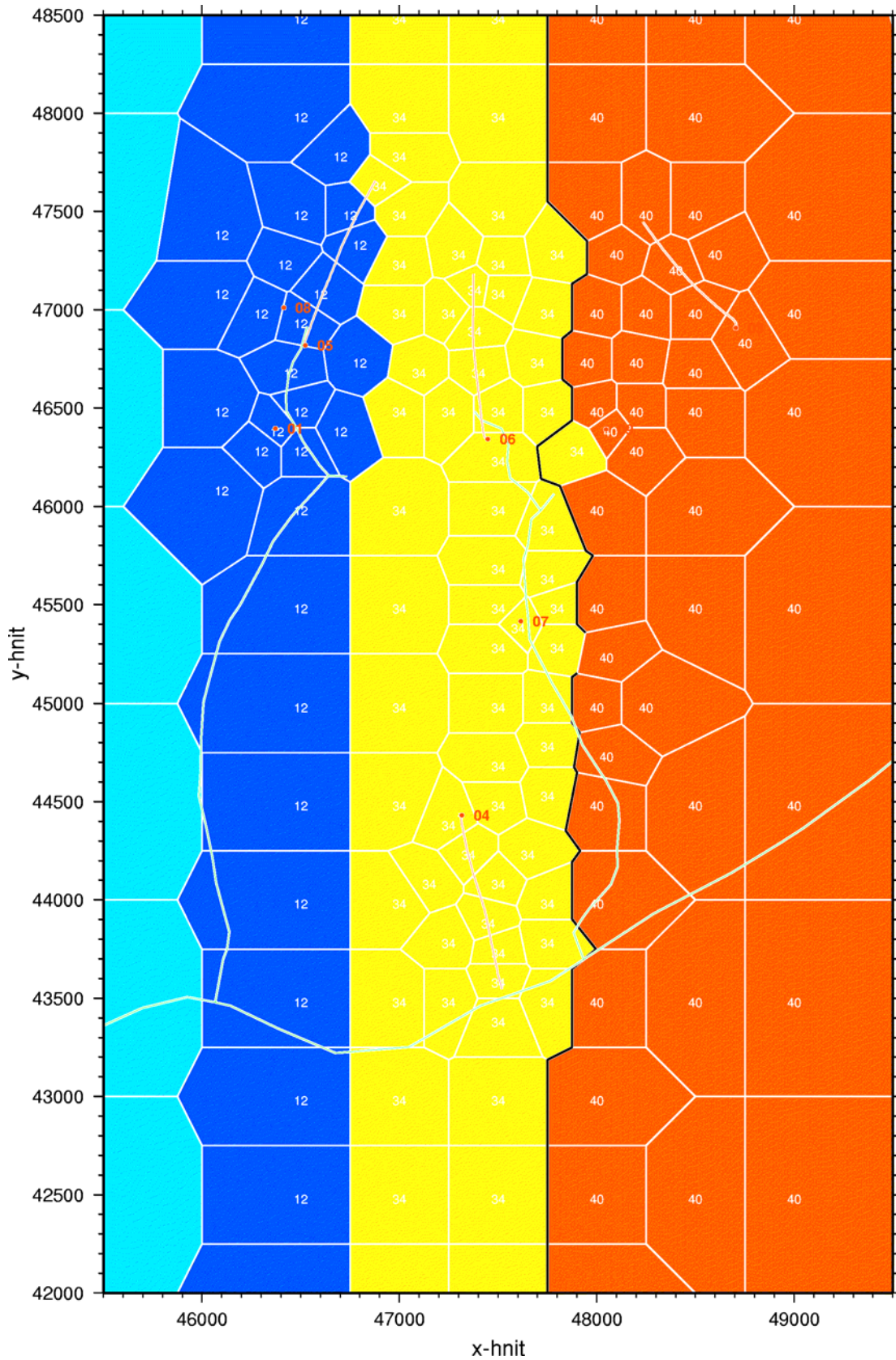


**Mynd 78:** Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi L.



**Mynd 79:** Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi R.





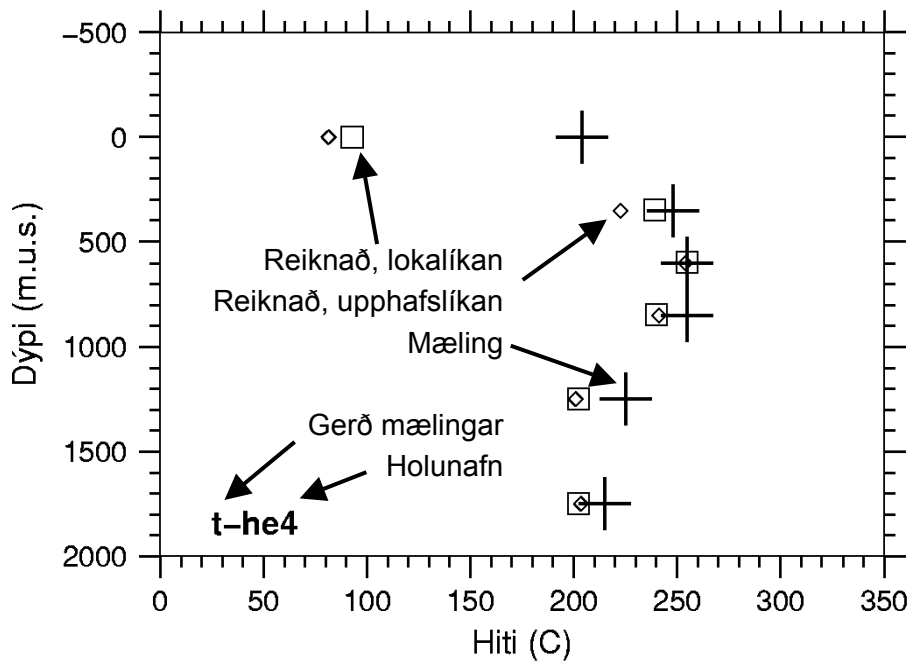
**Mynd 80:** Bergeiginleikar á Hellisheiði í lagi S.

## VIÐAUKI F: Samræmi mælds og reiknaðs upphafshita og þrýstings í borholum

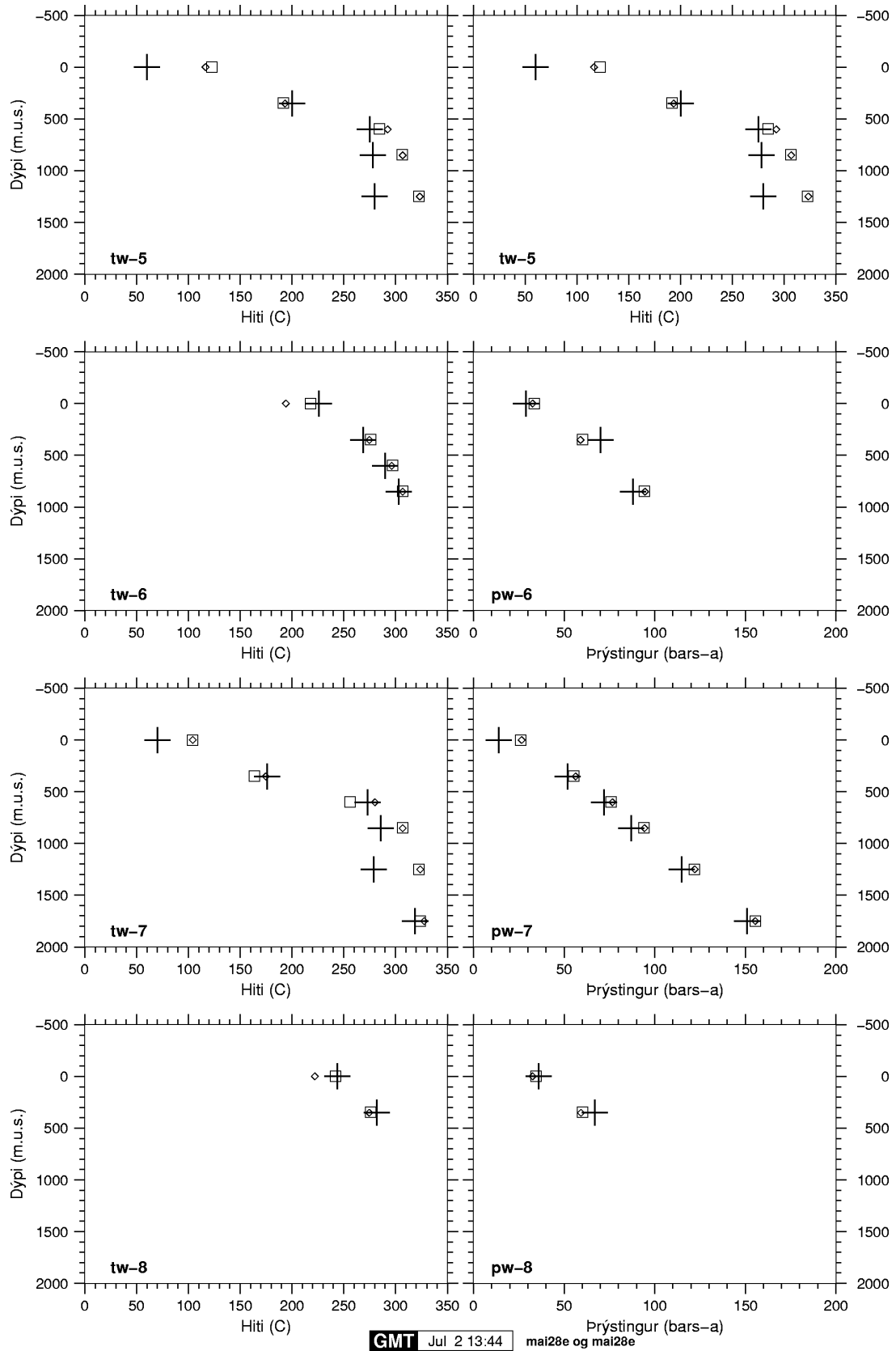
Sýndir eru rammar hlið við hlið á síðu, tvær súlur. Vinstri súlan sýnir oftast hita í holum en sú til hægri þrýsting. Þrenns konar tákni eru á myndunum:

- +
  - 
  - ◊
- + : Mæld stærð, hiti eða þrýstingur  
 □ : Samsvarandi reiknað gildi samkvæmt lokalíkani frá 28. maí 2003  
 ◊ : Reiknað gildi samkvæmt líkæiginleikunum sem giltu áður en sjálfleit líkanstærða var framkvæmd (upphafslíkan)

Myndin að neðan er dæmi um holu HE-4 á Hellisheiði. Holunafnið er að finna í neðra, vinstra horni hverrar myndar. Vísar táknið “t-X” til hitamælinga í holu X og “p-X” til þrýstimælinga í holu X. Holur á Nesjavöllum eru merktar sem “tw-#” sem eru þá hitamælingar í holu númer # á Nesjavöllum

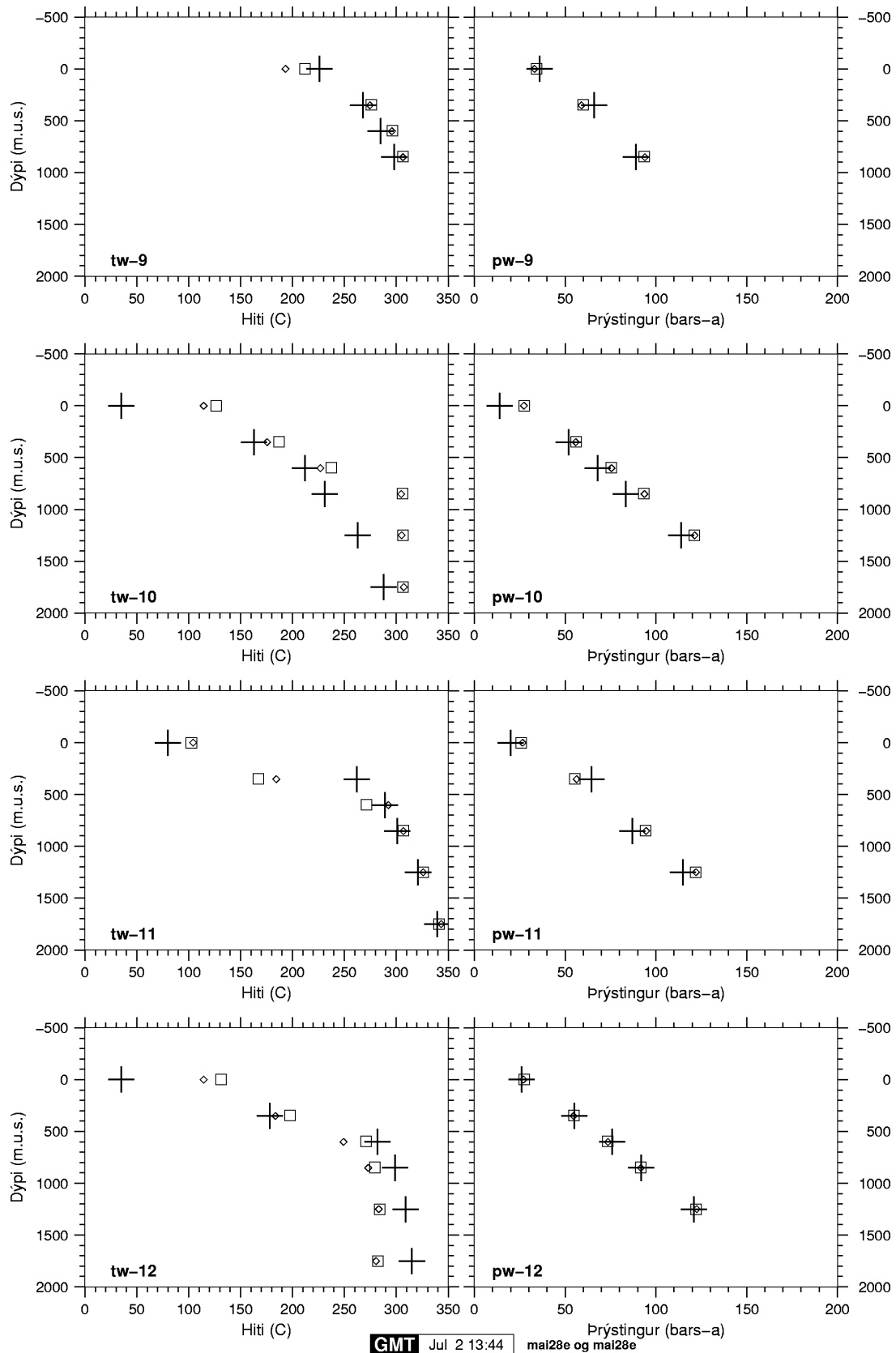




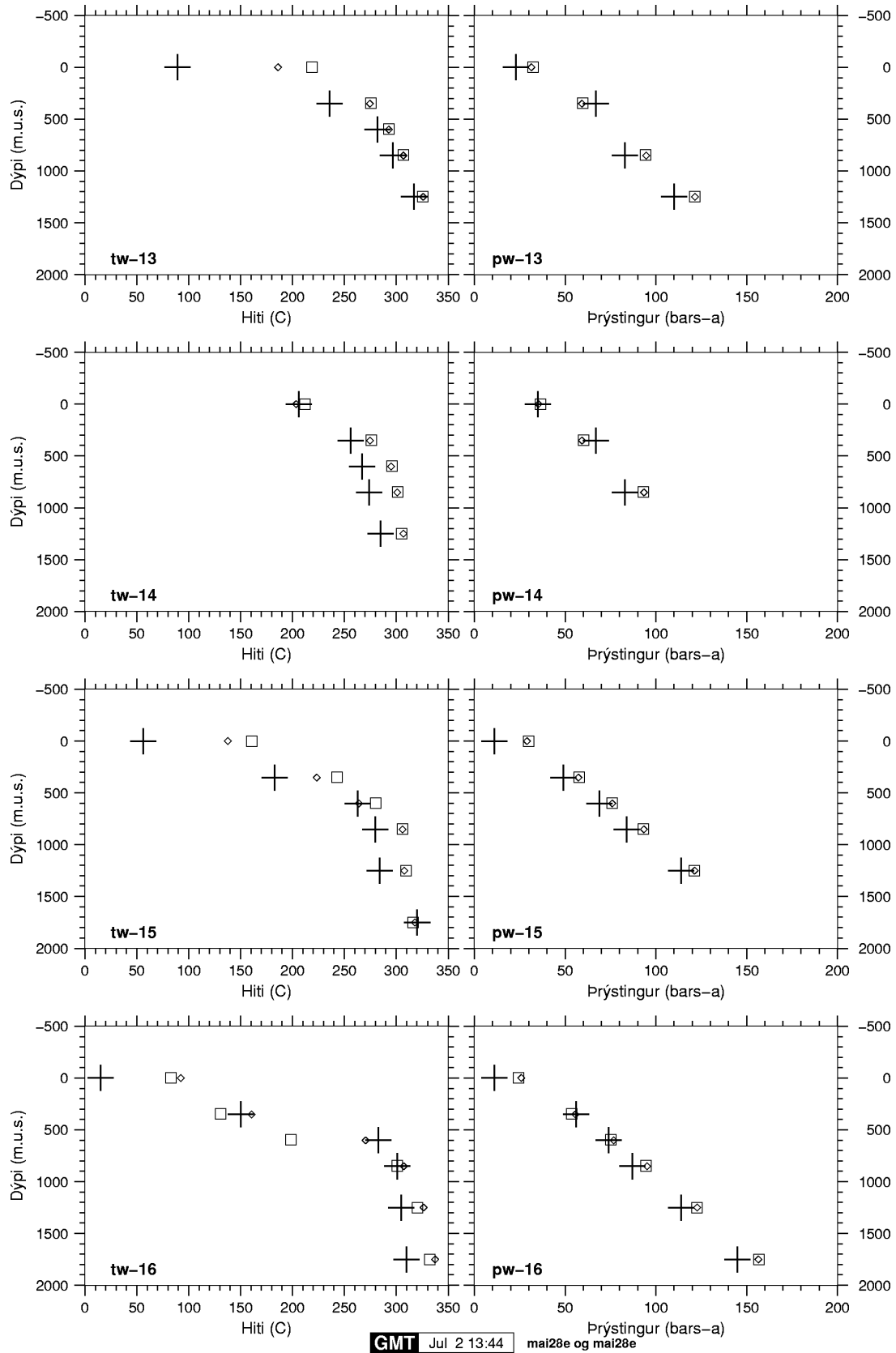


GMT Jul 2 13:44 mai28e og mai28e

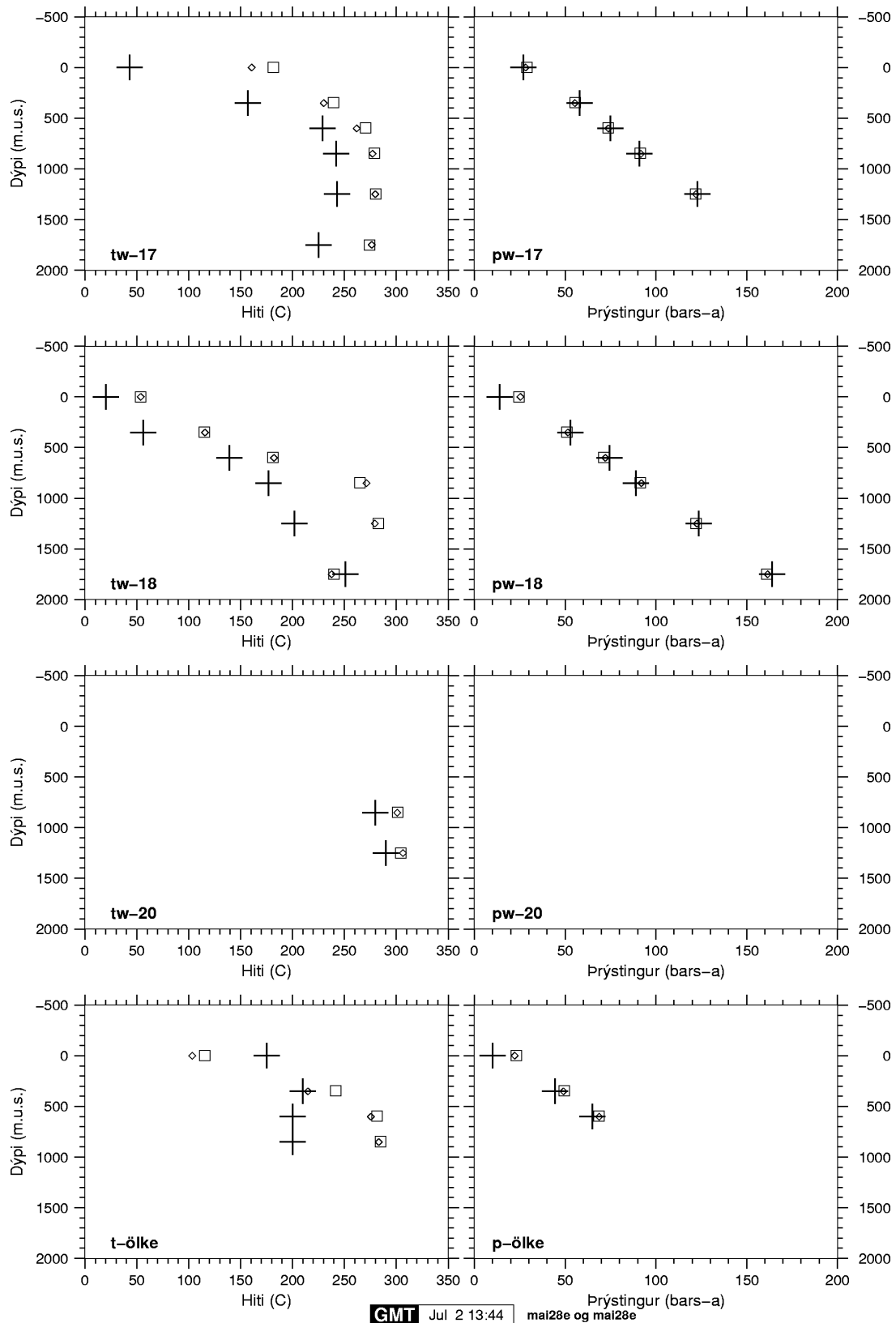
**Mynd 81:** Samræmi upphafshita og þrýstings í holum 5-8 á Nesjavöllum.



**Mynd 82:** Samræmi upphafshita og þrýstings í holum 9-12 á Nesjavöllum.

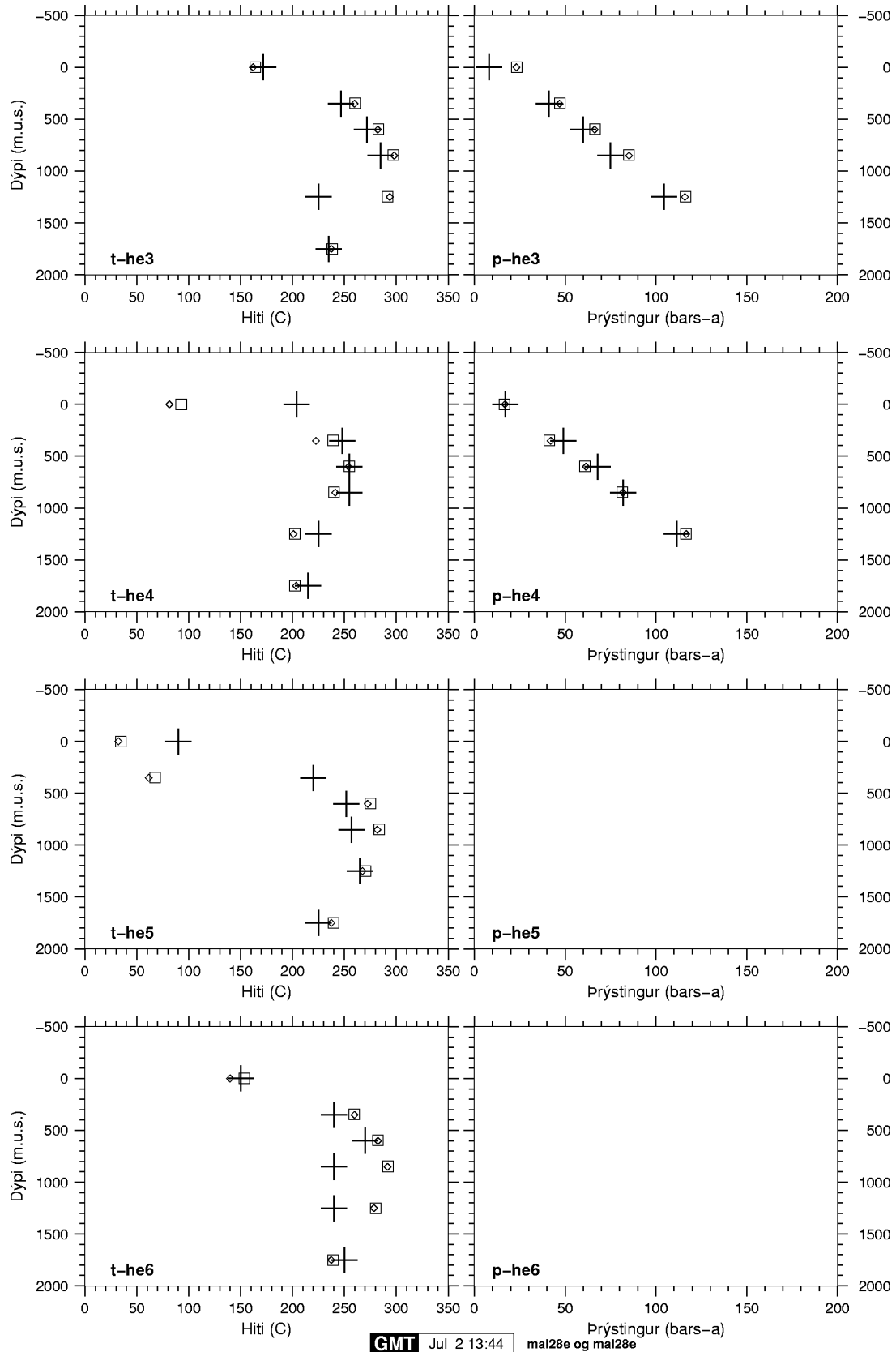


**Mynd 83:** Samræmi upphafshita og þrýstings í holum 13-16 á Nesjavöllum.

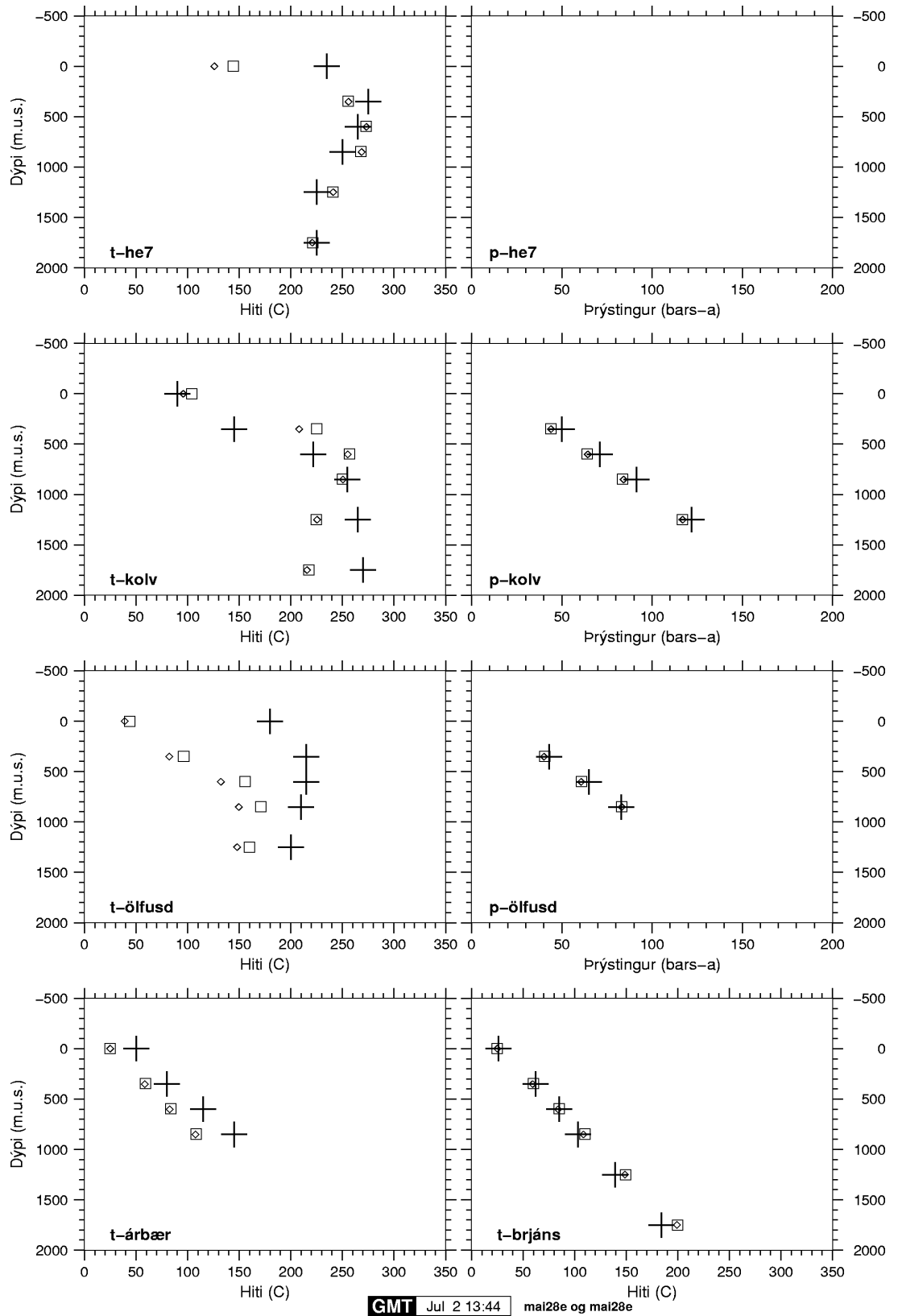


**Mynd 84:** Samræmi upphafshita og þrýstings í holum 17-20 á Nesjavöllum og í holu ÖJ-1 á Ölkelduhálsi.

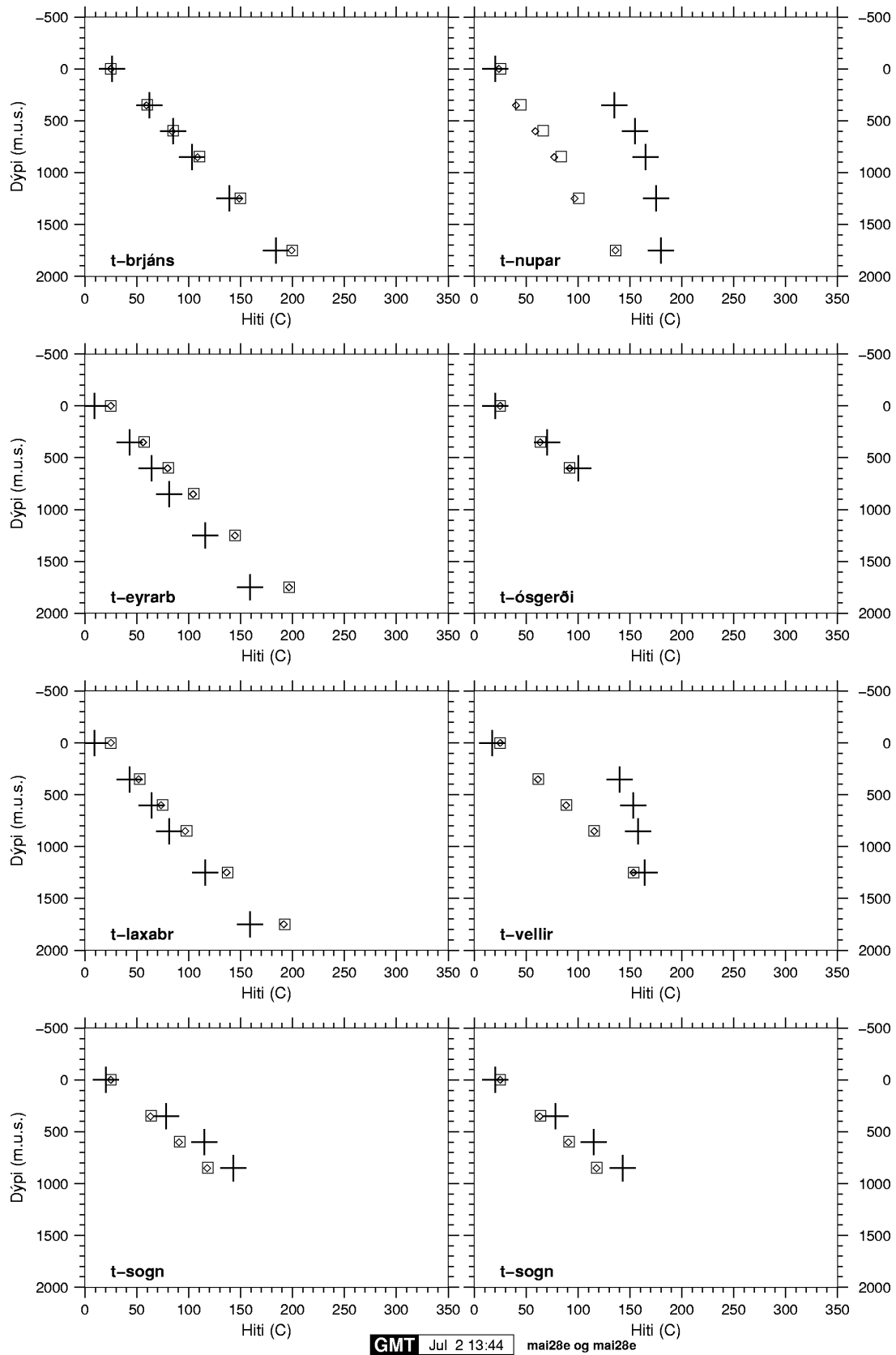




**Mynd 85:** Samræmi upphafshita og þrýstings í holum 3-6 á Hellisheiði.



**Mynd 86:** Samræmi upphafshita og þrýstings í holum á Hellisheiði, Ölkelduhálsi, Ölfusdal og í Árbæ við Selfoss.



**Mynd 87:** Samræmi upphafshita og þrýstings í nokkrum holum í Ölfusi.

## VIÐAUKI G: Hita og þrýstidreifing í láréttum flötum

Myndirnar hér á eftir eru allar teiknaðar í sama skala. Myndin er með Hengilinn í miðju og nær síðan út í 10 km fjarlægð til allra handa. Heitasta svæðið er ætíð undir Hengli og eru Nesjavellir þá ofan þess en Hellsheiði neðan við (sunnar). Hnit eru líkanhnit.

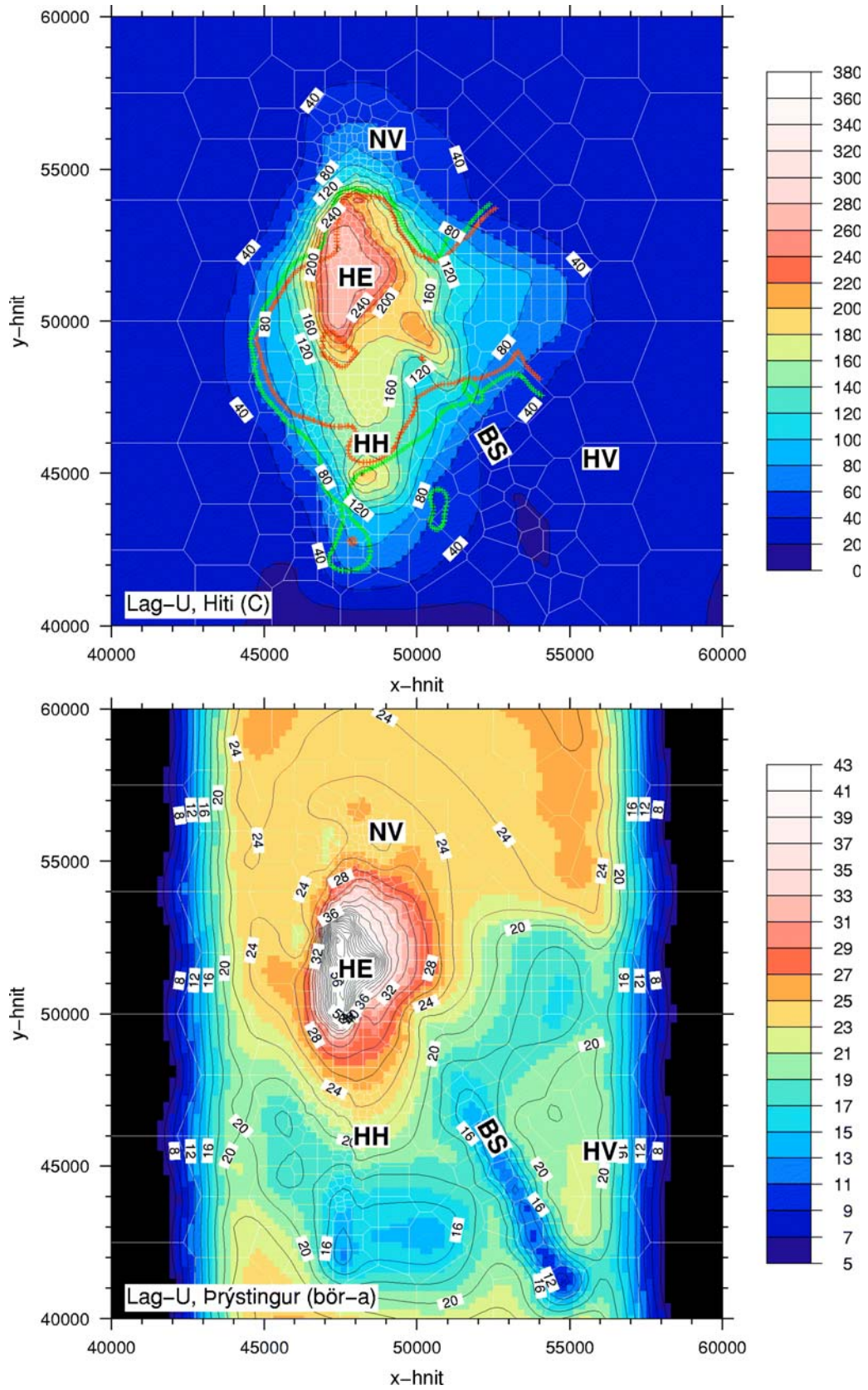
Hægt er að átta sig betur á staðháttur með því að kíkja eftir Bitrusprungunni (sjá mynd 17), en hún kemur oft fram sem áberandi frávik í hita eða þrýstingi á ská niður í hægra horn myndanna. Eins eru merktir inn á myndina bókstafirnir:

- NV fyrir Nesjavelli
- HE fyrir Hengilinn
- HH fyrir Hellsheiði
- HV fyrir Hveragerði
- BS fyrir Bitrusprunguna

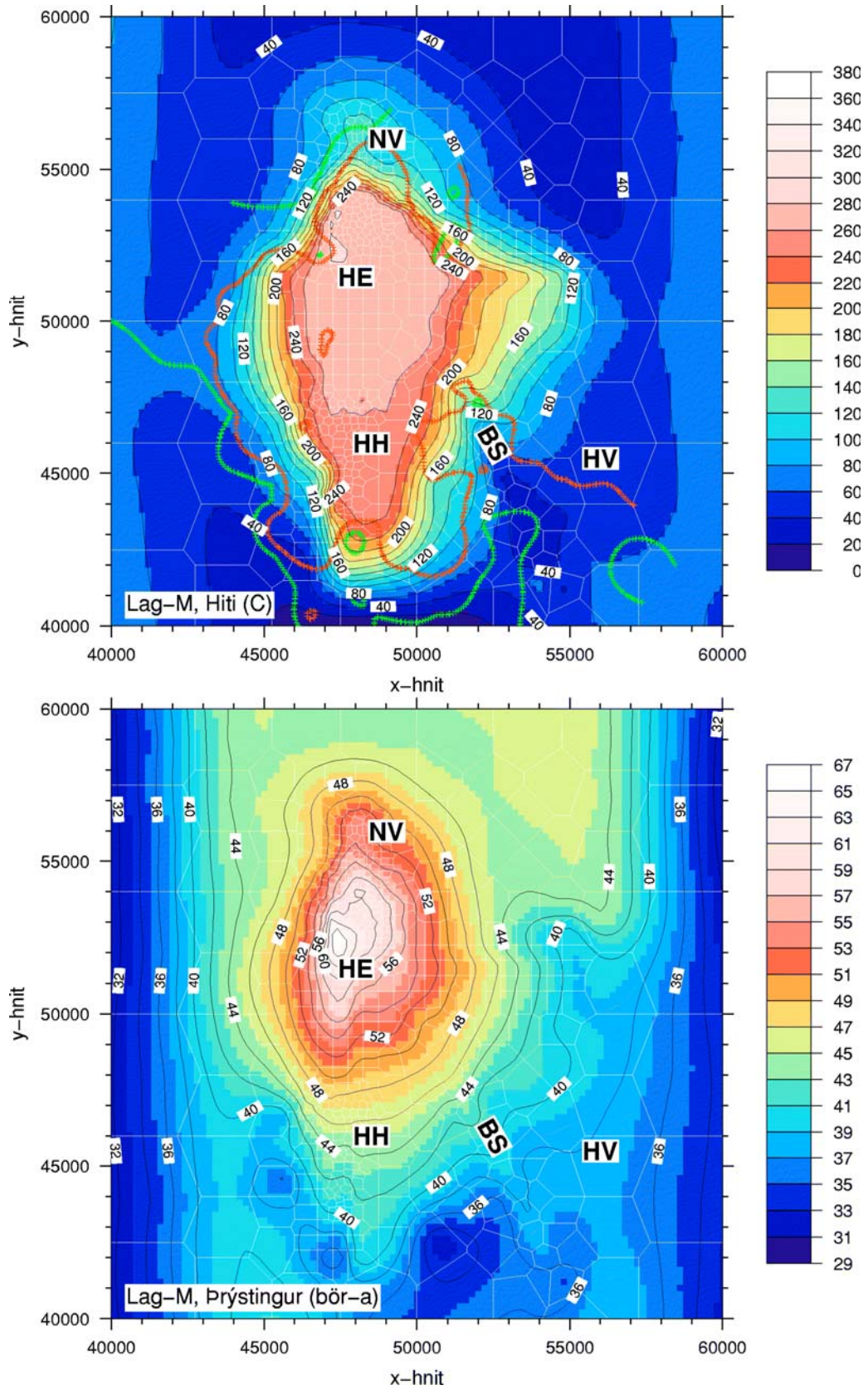
Þá eru á myndum laga U, M, G og L sýndar grænar og rauðar krossalínur sem endurspeglar hvar lágviðnámskápa byrjar og endar á Hengilssvæðinu (Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001). Þessir ferlar gætu svarað til u.þ.b. 150 og 250 °C berghita, ef ummyndun er í jafnvægi við hitann.

Myndirnar eru allar teiknaðar með GMT forritinu (Wessel and Smith, 1995).



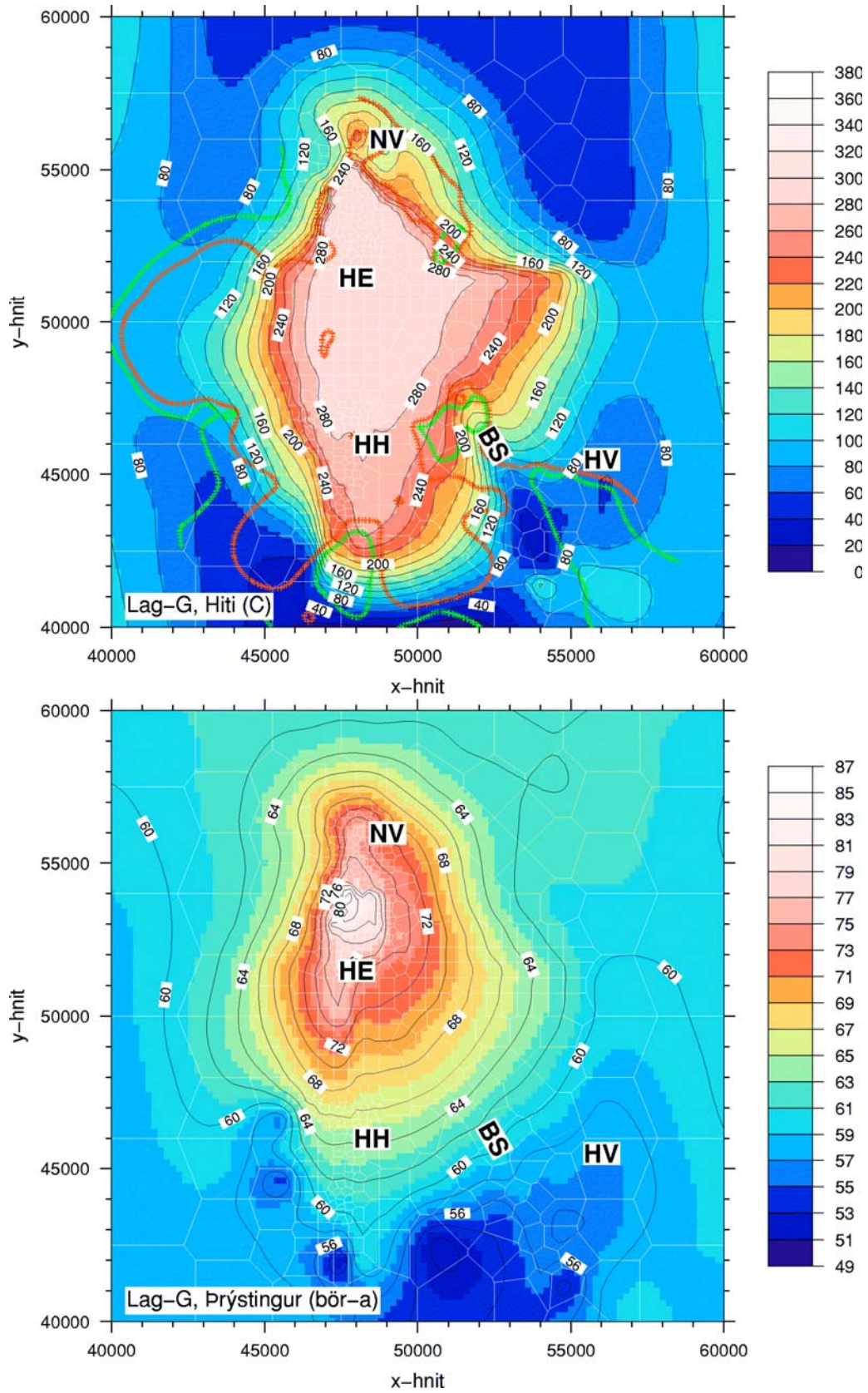


Mynd 88: Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi U.

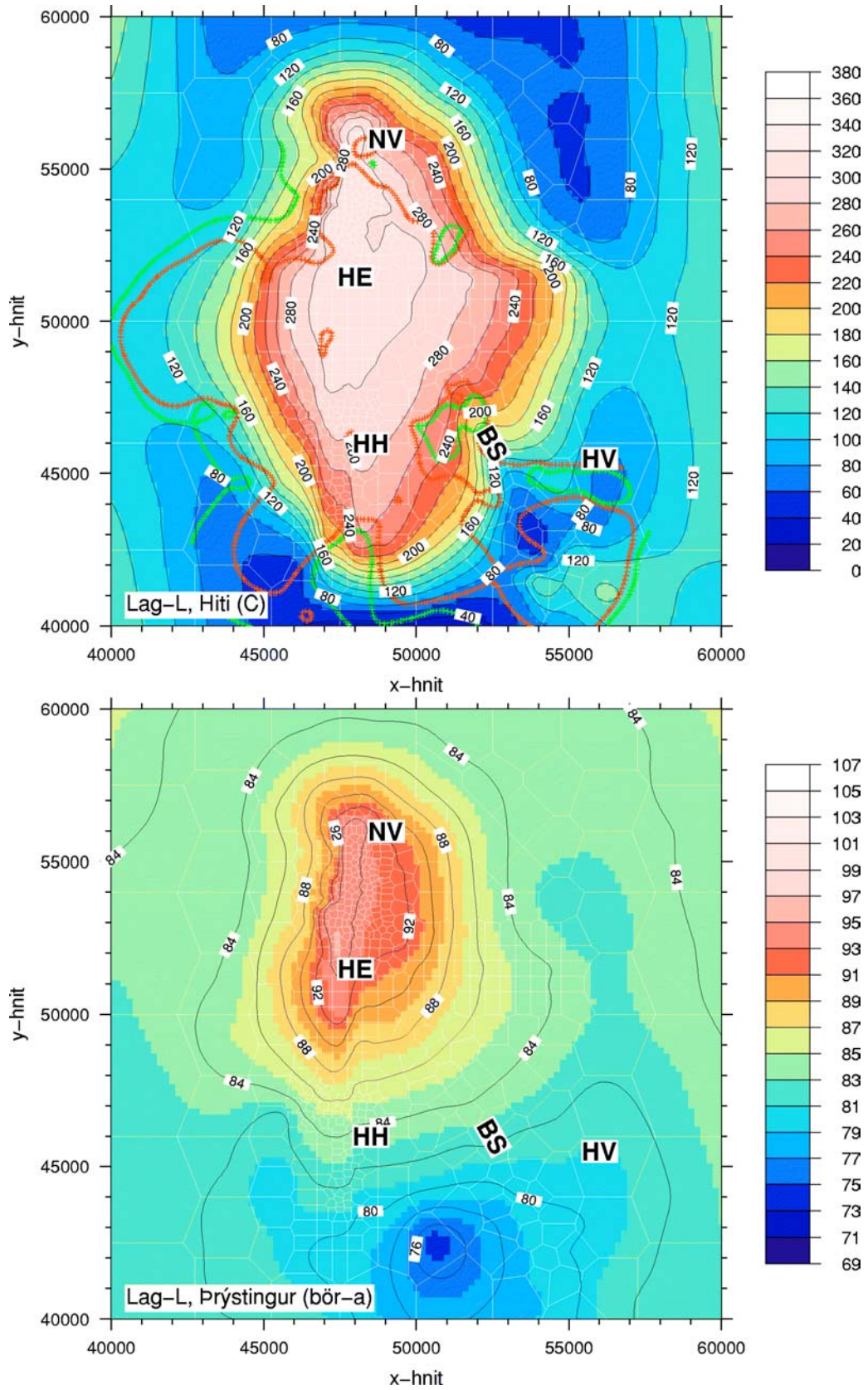


**Mynd 89:** Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi M.



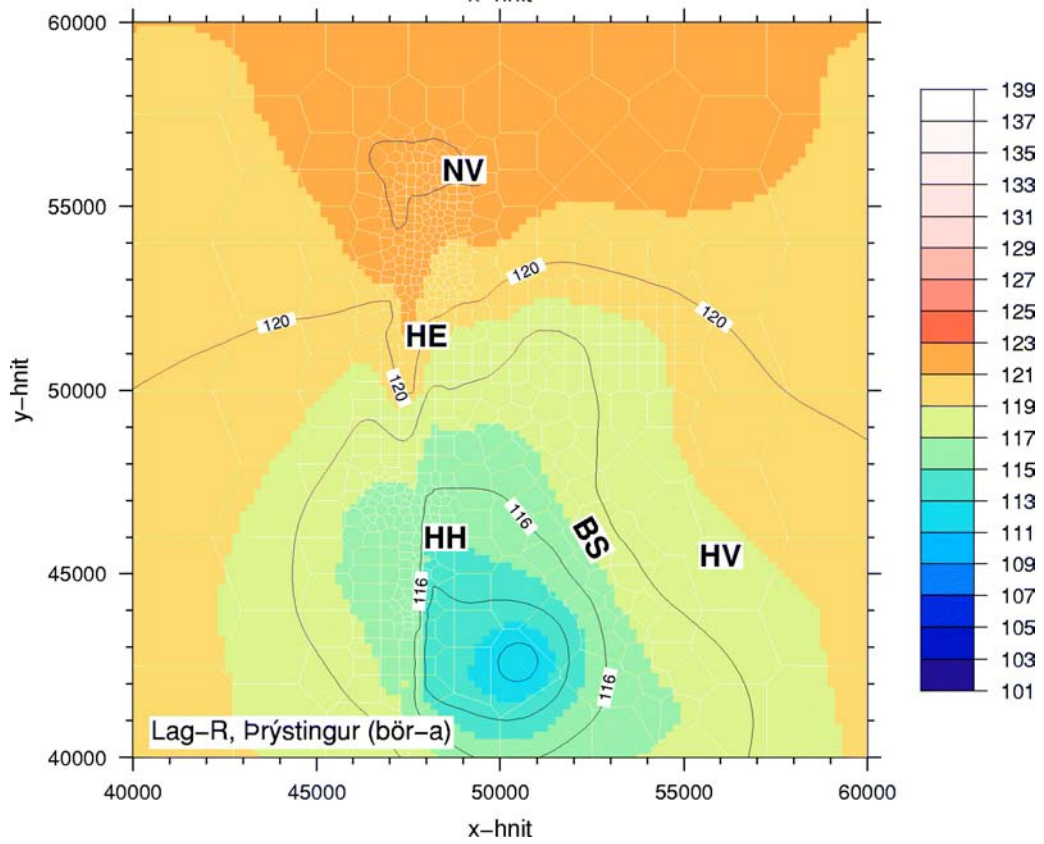
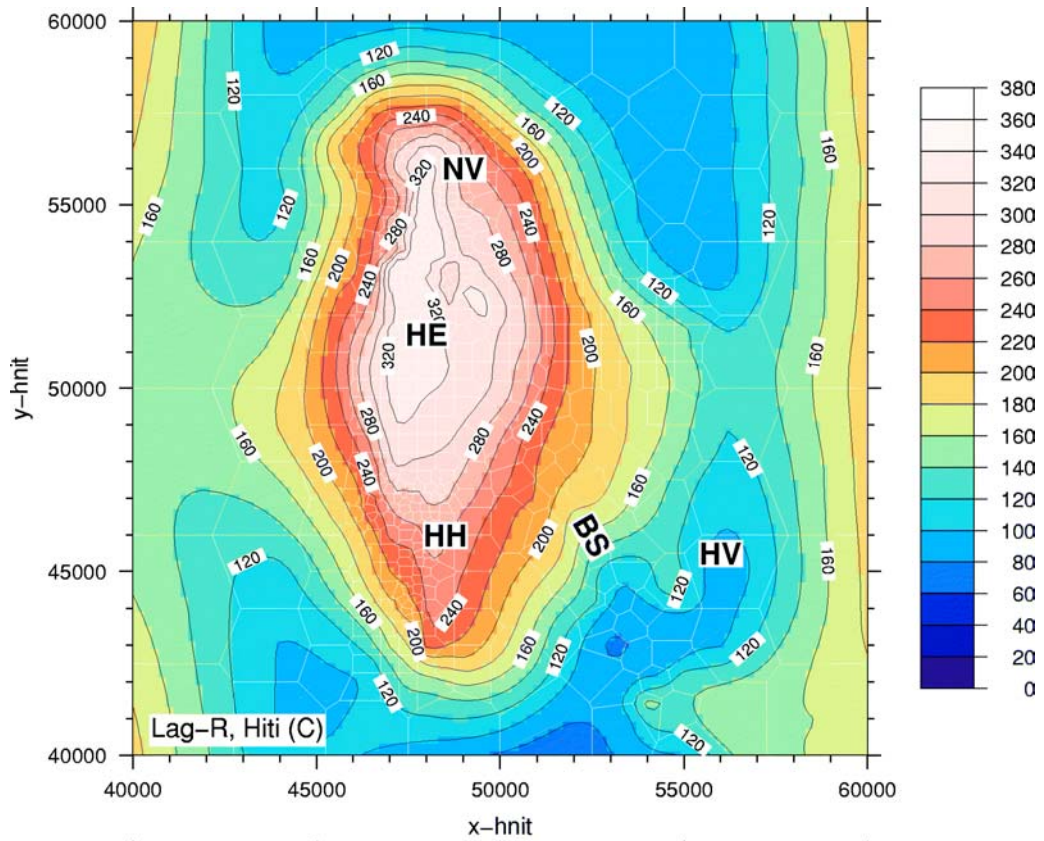


**Mynd 90:** Reiknað upphafsástand hita og brýstings í lagi G.

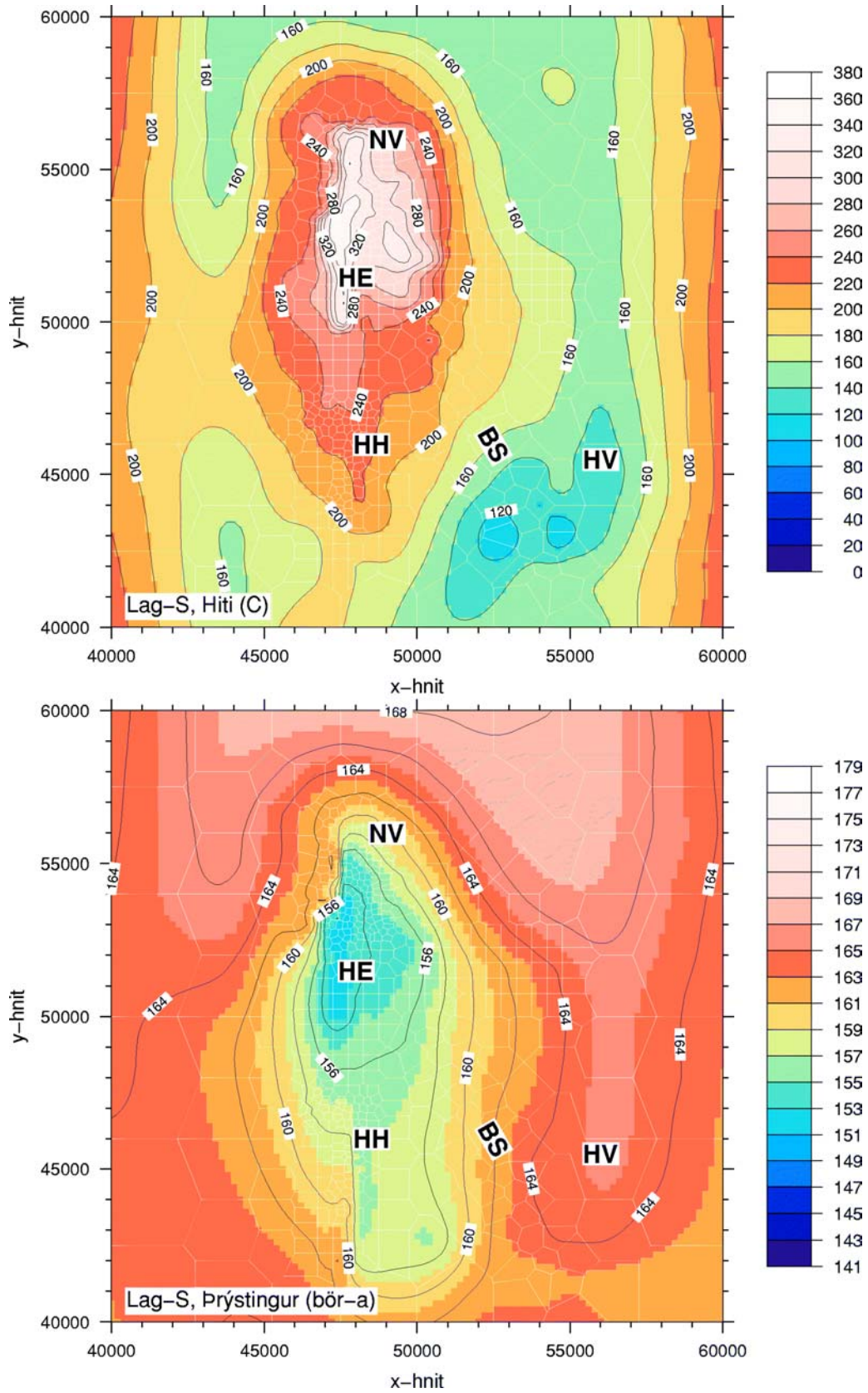


**Mynd 91:** Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi L.





**Mynd 92:** Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi R.



**Mynd 93:** Reiknað upphafsástand hita og þrýstings í lagi S.

## **VIÐAUKI H: Reiknað upphafs Rúmmál gufu (%)**

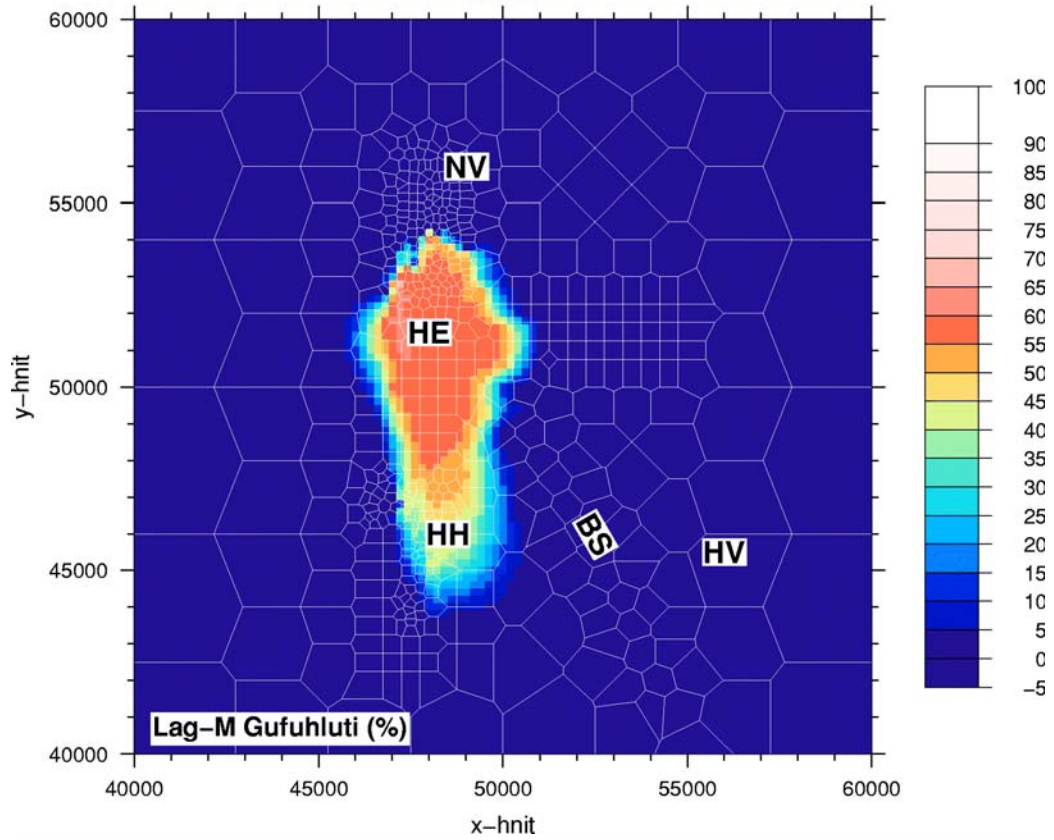
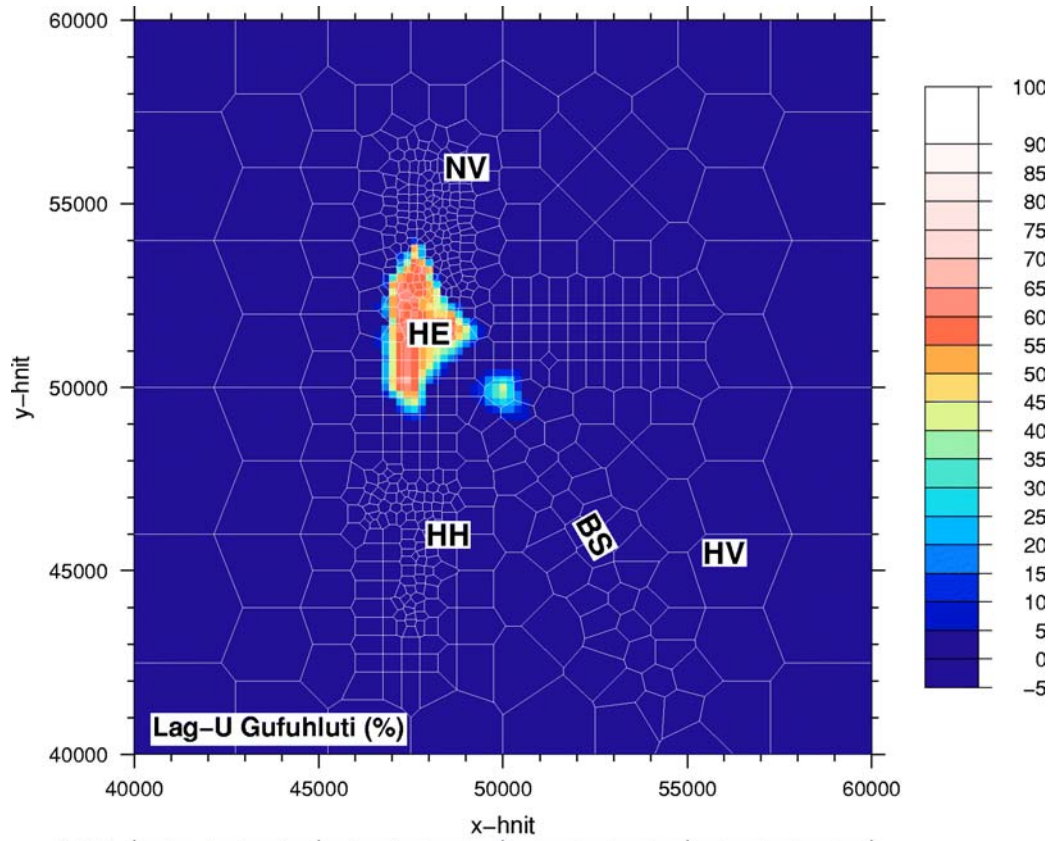
Myndirnar hér á eftir eru allar teiknaðar í sama skala. Myndin er með Hengilinn í miðju og nær síðan út í 10 km fjarlægð til allra handa. Hnit eru líkanhnit.

Inn á myndina eru merktir bókstafirnir:

- NV fyrir Nesjavelli
- HE fyrir Hengilinn
- HH fyrir Hellsheiði
- HV fyrir Hveragerði
- BS fyrir Bitrusprunguna

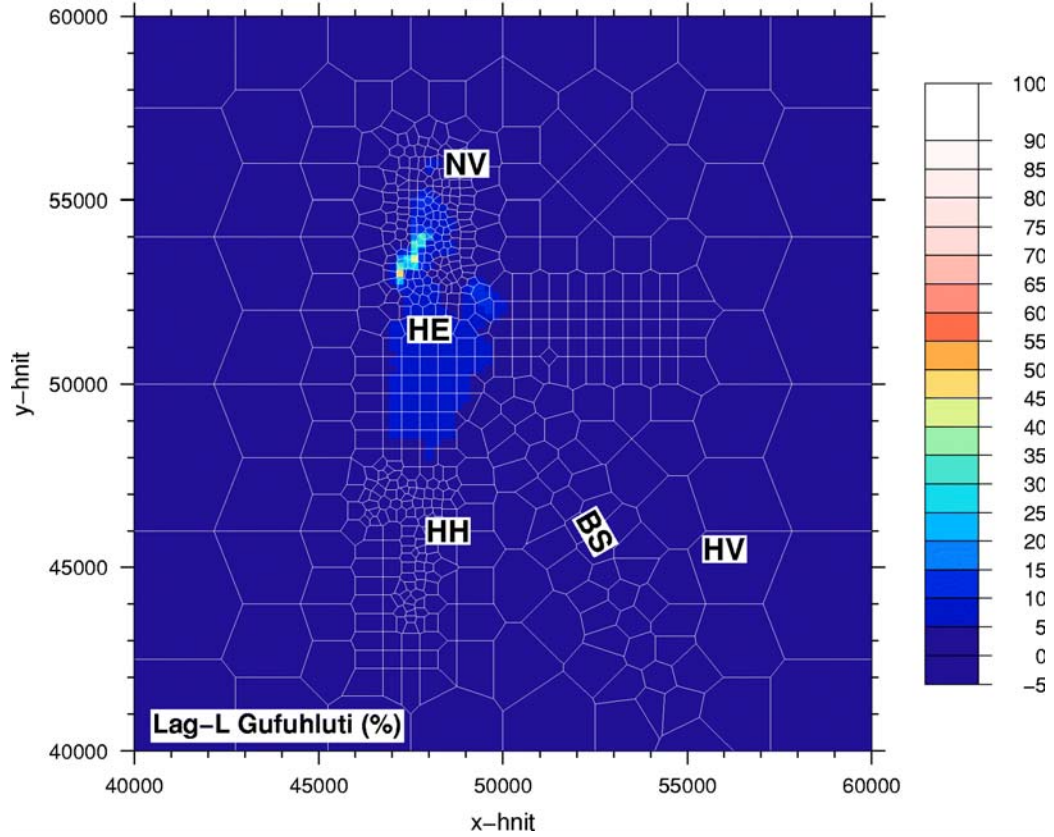
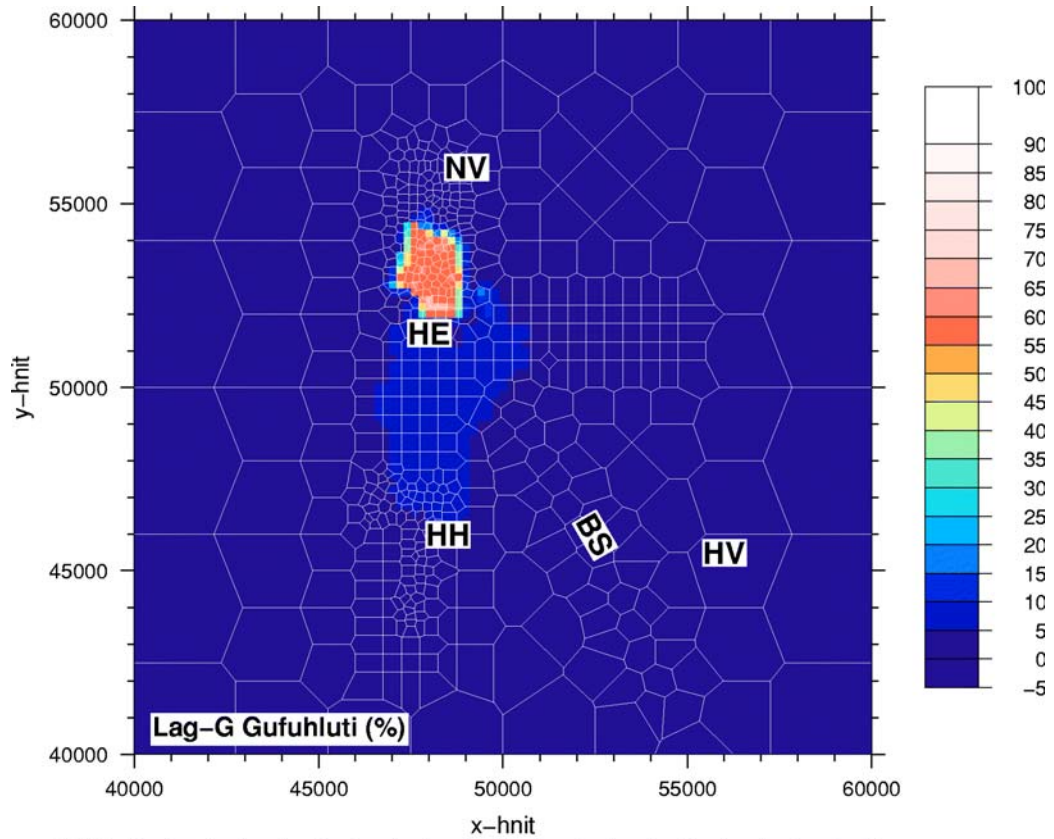
Myndirnar eru allar teiknaðar með GMT forritinu (Wessel and Shmith, 1995).



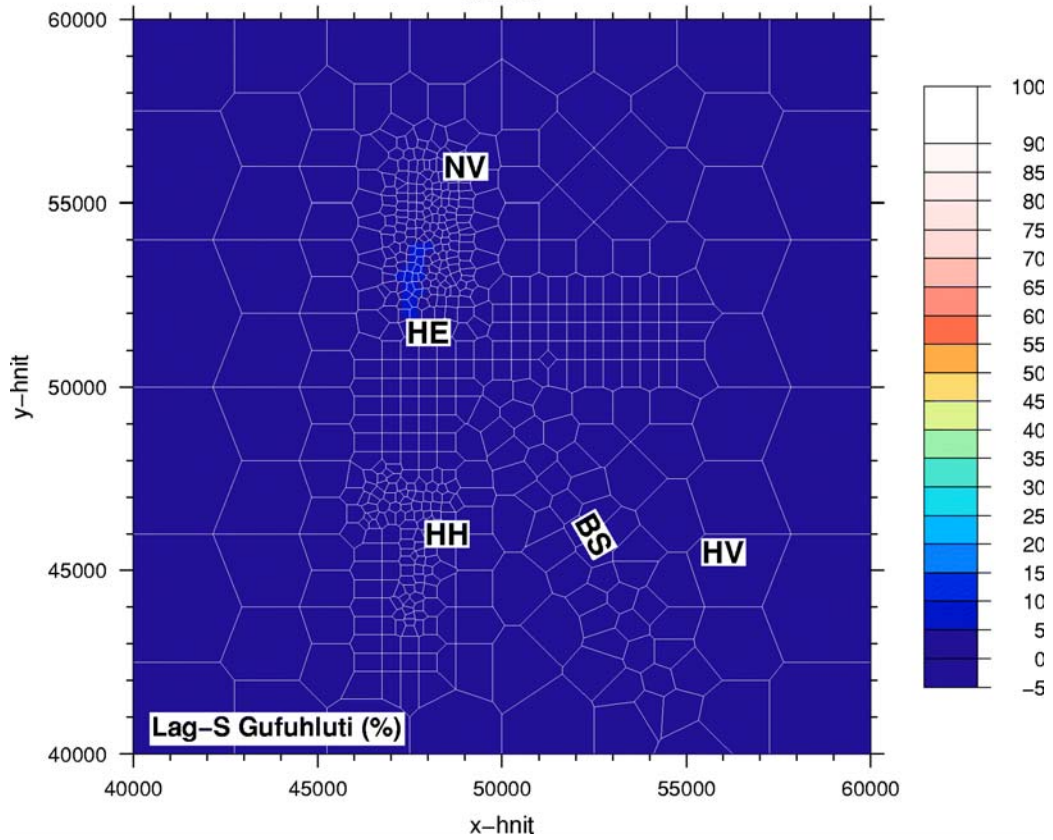
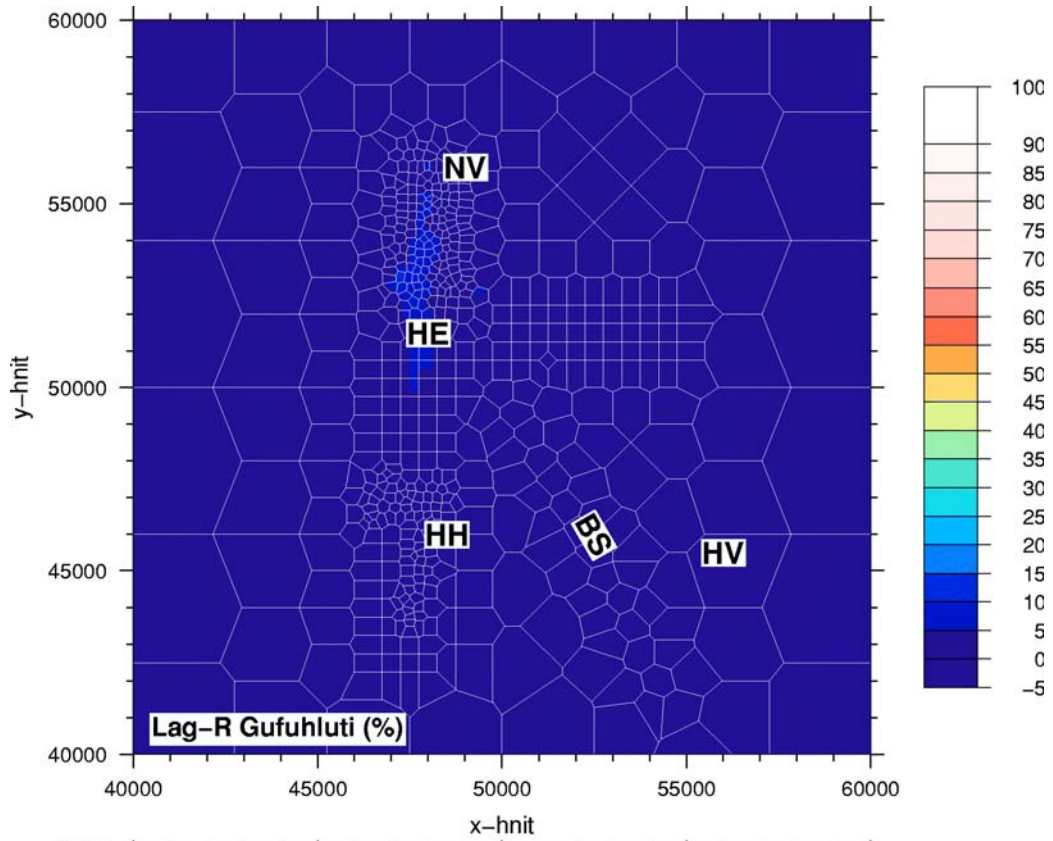


**Mynd 94:** Reiknað upphafsruðmál gufu í lögum U og M.





Mynd 95: Reiknað upphafsrímmál gufu í lögum G og L.



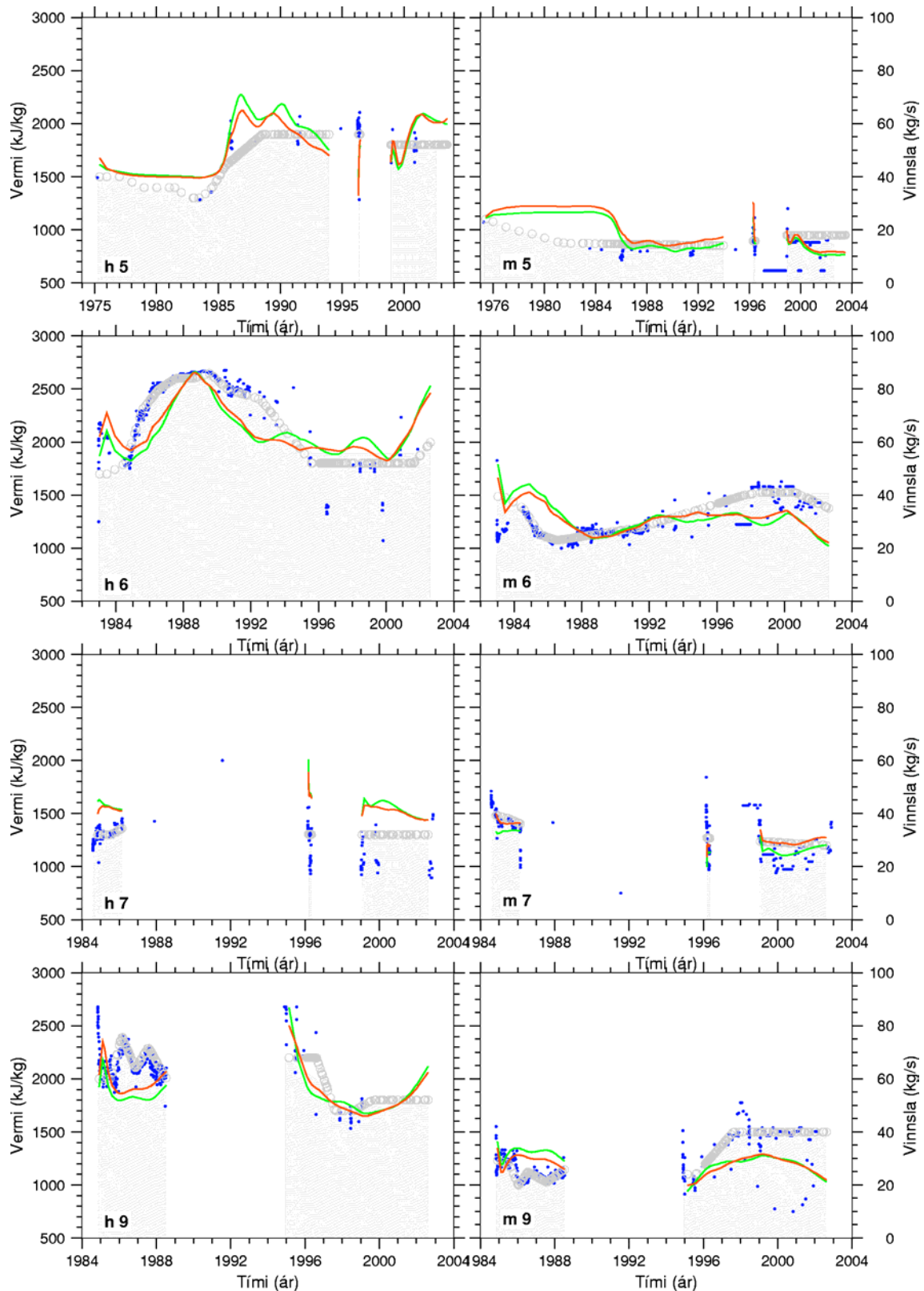
**Mynd 96:** Reiknað upphafsruðmmál gufu í lögum R og S

## **VIÐAUKI I: Samræmi mældrar og reiknaðrar vinnslusögu**

Myndirnar hér á eftir sýna hvernig til tókst með samræmi mældrar og reiknaðrar vinnslu og vermis holna á Hellisheiði og á Nesjavöllum. Fjórar gerðir tákna og ferla eru á myndunum:

- 1) Daufir, gráir hringir sýna mæld gildi
- 2) Grænar línur eru upphafslíkan keyrslunnar frá 28. maí
- 3) Rauðar línur eru lokalíkan keyrslunnar frá 28. maí og jafnframt það líkan sem hefur verið valið sem “besta” líkanið af Hengli.
- 4) Bláir punktar eru stakar aflmælingar, augnabliksgildi.

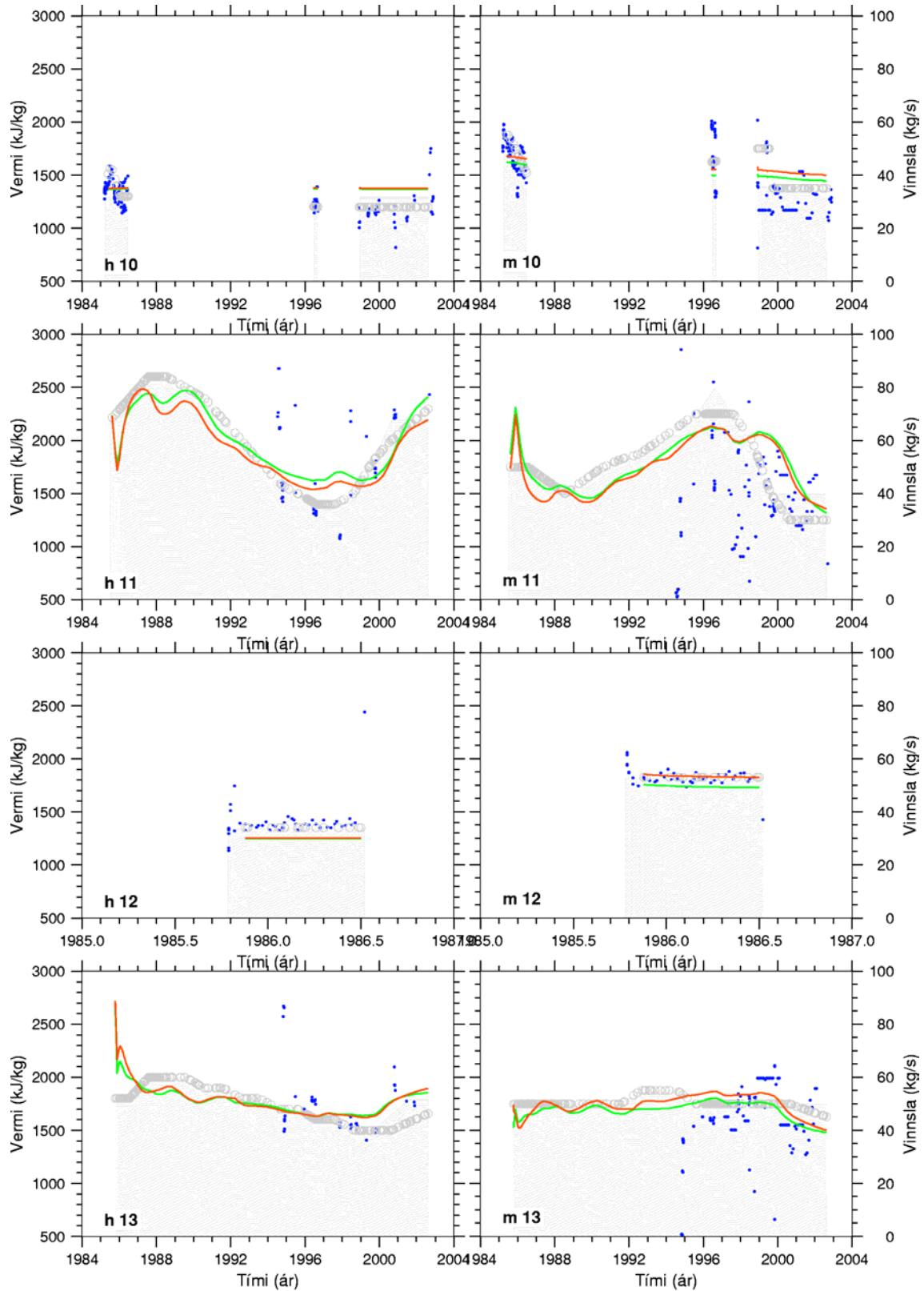
Loks eru í vinstra neðra horni myndanna sýnt h eða m eftir því hvort er um vermin eða rennsli að ræða, auk holunúmers á Nesjavöllum (5-22), en fullt holunafn á Kolviðarhóli, Ölkelduhálsi og á Hellisheiði.



GMT Jul 2 18:38 keyrt á /frr/hengill/skeljar.grb/upphafsastand-skyrsla2003/ með skipuninni: draw.histories mai28e mai28e

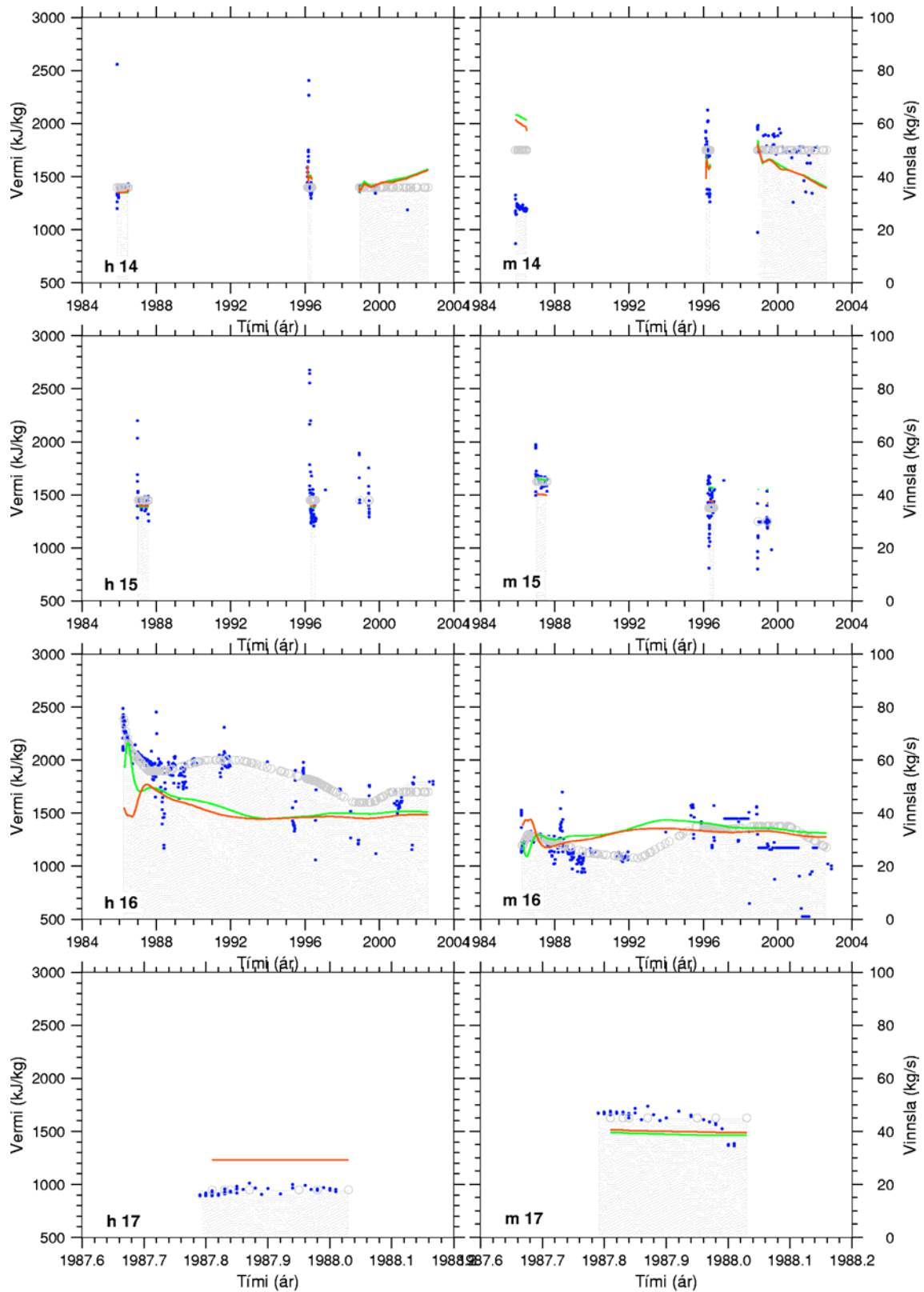
Mynd 97: Mæld og reiknuð vinnslusaga holna 5-9 á Nesjavöllum.





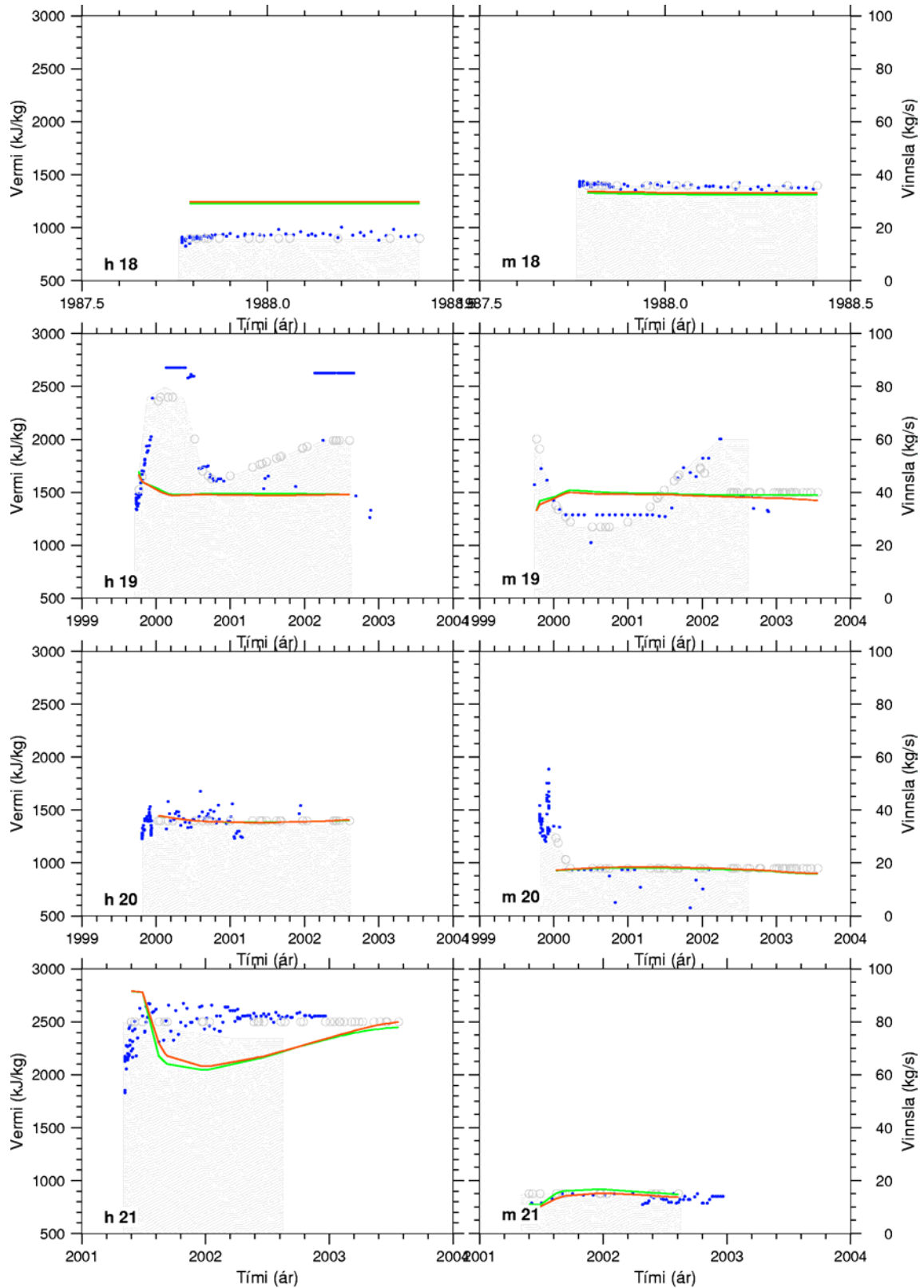
GMT Jul 2 18:38 keyrt á /frr/hengill/skeljar.grb/upphafsastand-skyrsla2003/ með skipuninni: draw.histories mai28e mai28e

Mynd 98: Mæld og reiknuð vinnslusaga holna 10-13 á Nesjavöllum.



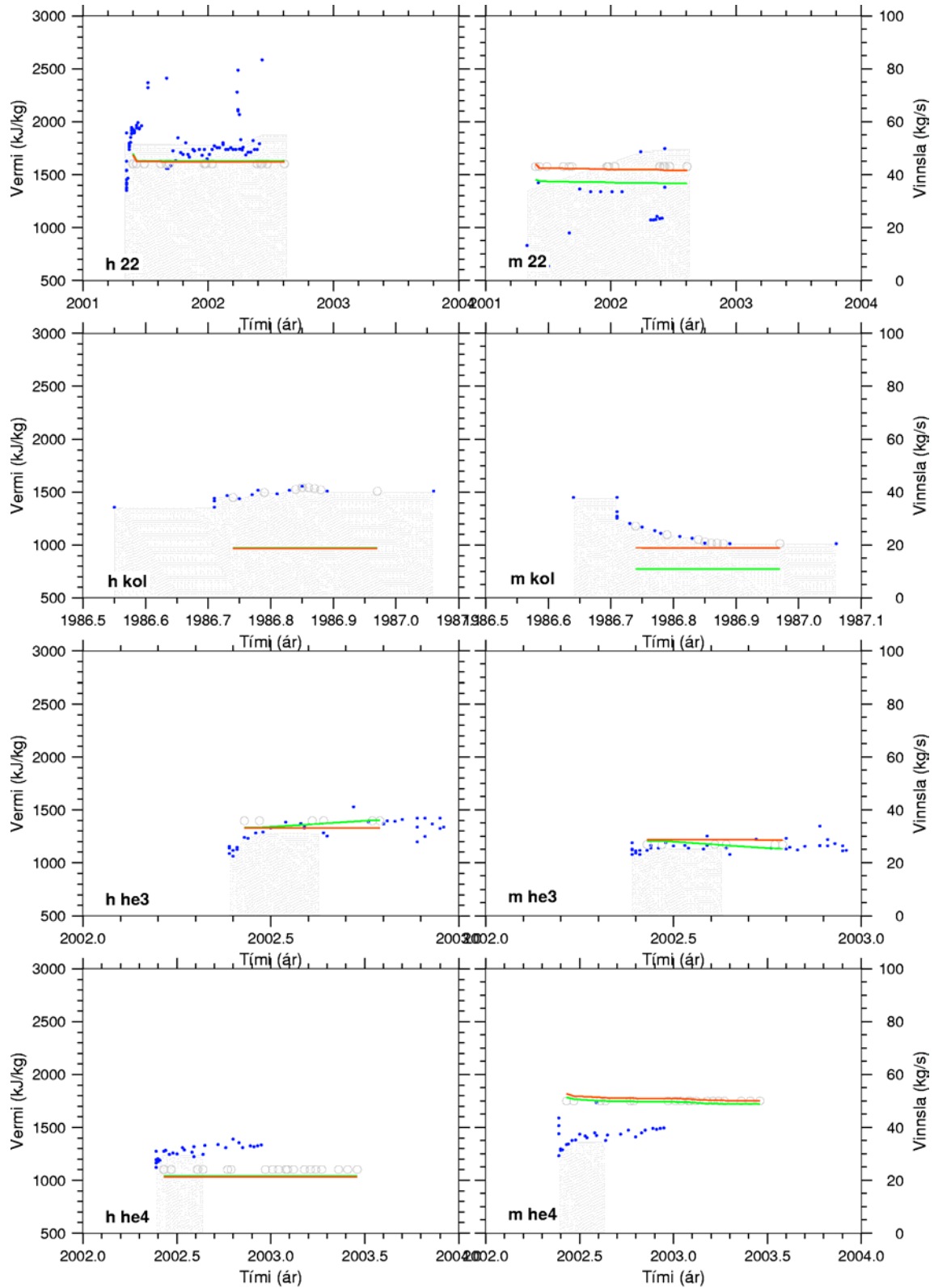
GMT Jul 2 18:38 keyrt á /ffr/hengill/skeljar.grb/upphafsastand-skyrsla2003/ með skipuninni: draw.histories mai28e mai28e

Mynd 99: Mæld og reiknuð vinnslusaga holna 14-17 á Nesjavöllum.



GMT Jul 2 18:38 keyrt á /ffr/hengill/skeljar.grb/upphafsastand-skyrsla2003/ með skipuninni: draw.histories mai28e mai28e

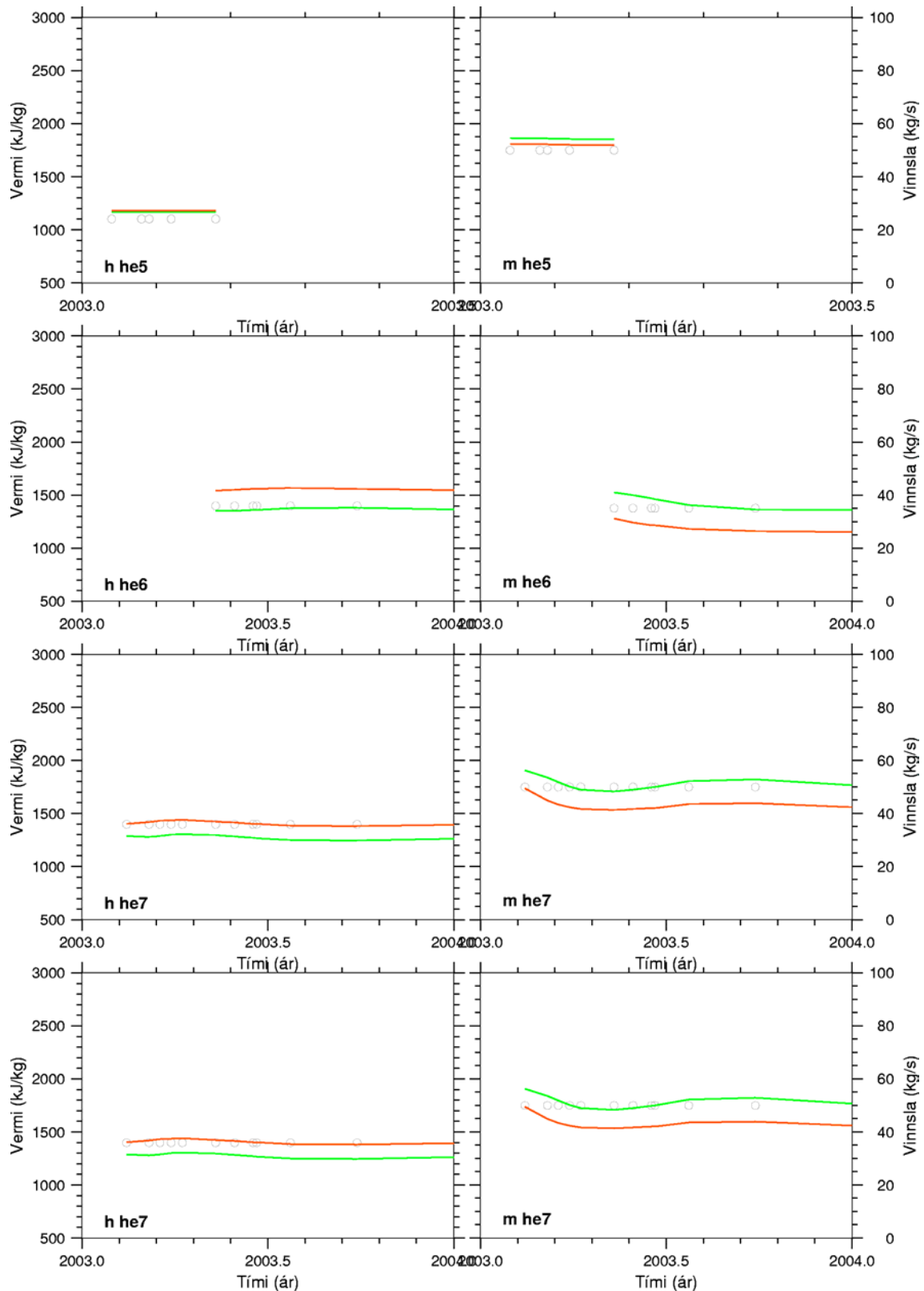
Mynd 100: Mæld og reiknuð vinnslusaga holna 18-21 á Nesjavöllum.



GMT Jul 2 18:38 keyrt á /ftr/hengill/skeljar.grb/upphafsastand-skyrsla2003/ með skipuninni: draw.histories mai28e mai28e

**Mynd 101:** Mæld og reiknuð vinnslusaga holu 22 á Nesjavöllum, og holna KHG-1, HE-3 og HE-4 á Hellisheiði.





GMT Jul 2 18:38 keyrt á /frr/hengill/skeljar.grb/upphafsastand-skyrsla2003/ með skipuninni: draw.histories mai28e mai28e

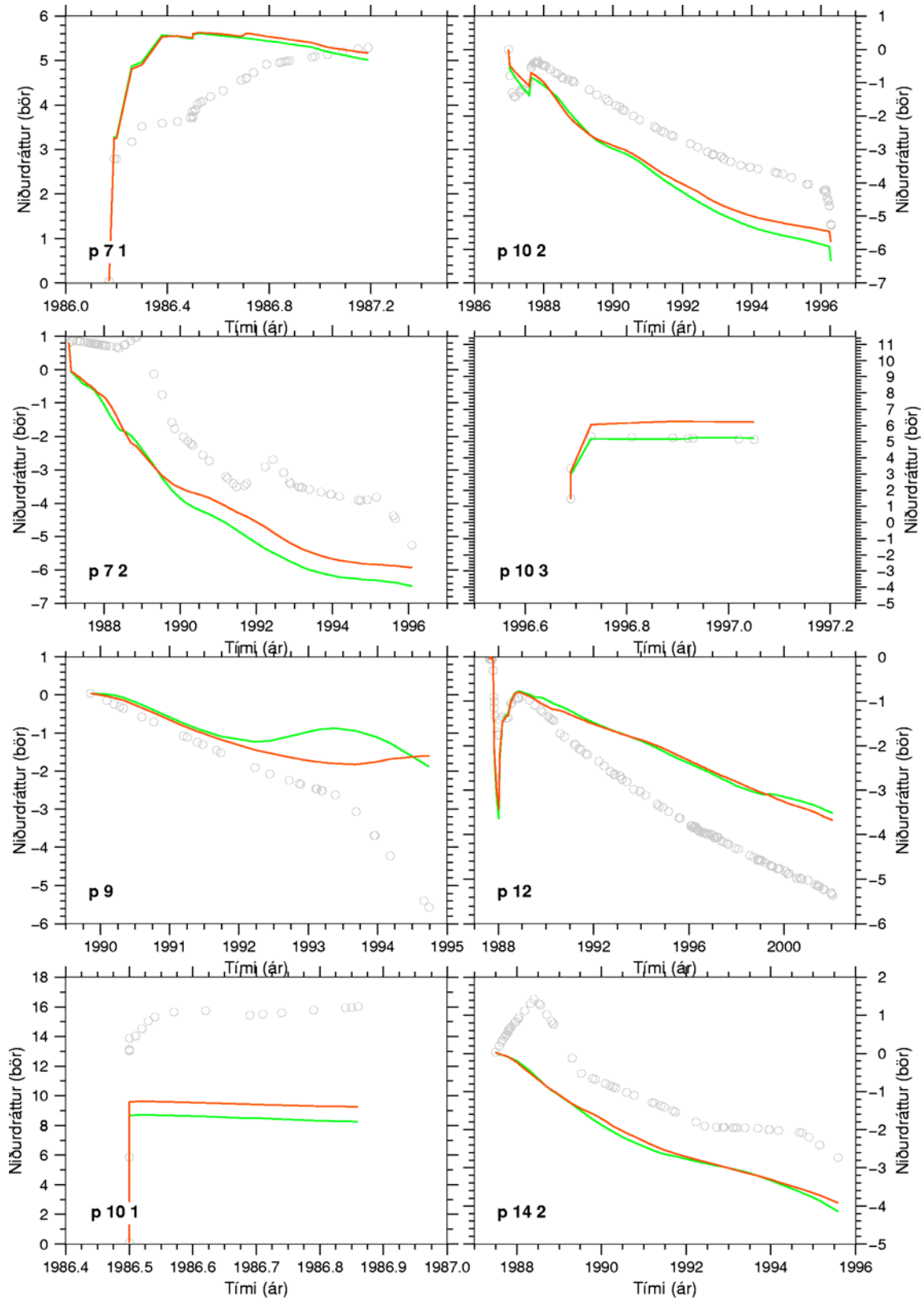
Mynd 102: Mæld og reiknuð vinnslusaga holna HE-5 til HE-7 á Hellsheiði.

## **VIÐAUKI J: Samræmi mælds og reiknaðs niðurdráttar**

Myndirnar hér á eftir sýna hvernig til tókst með samræmi mælds og reiknaðs niðurdráttar og vermis holna á Helligshéiði og á Nesjavöllum. Þrjár gerðir tákna og ferla eru á myndunum:

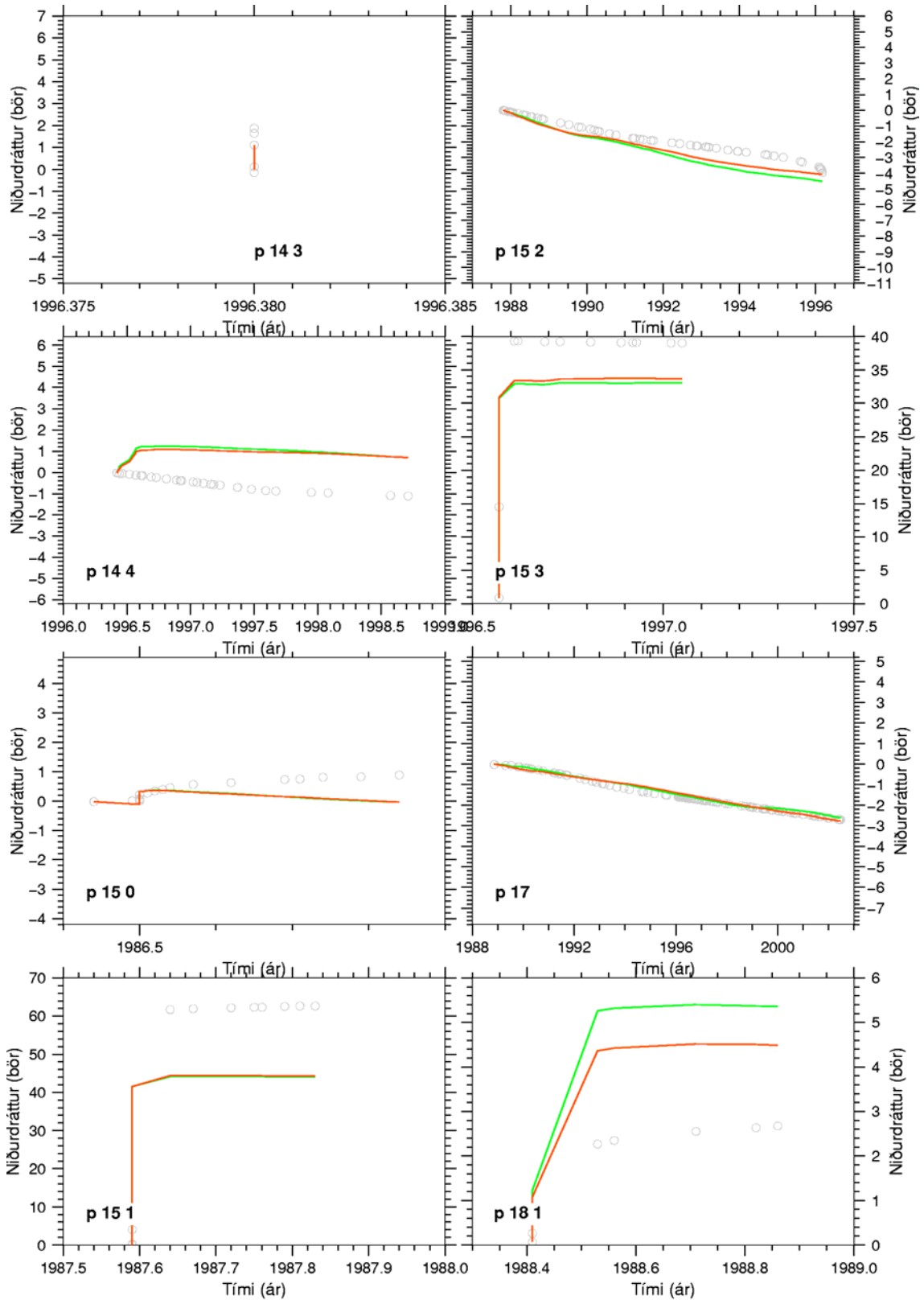
- 1) Daufir, gráir hringir sýna mæld gildi.
- 2) Grænar línur eru upphafslíkan keyrslunnar frá 28. maí 2003.
- 3) Rauðar línur eru lokalíkan keyrslunnar frá 28. maí og jafnframt það líkan sem hefur verið valið sem “besta” líkanið af Hengli.

Loks eru í vinstra neðra horni myndanna sýndur bókstafurinn p (fyrir þrýsting), holunúmer og á stundum númer, í tilfellum þar sem margar þrýstisögur eru til staðar í sömu holunni.



GMT Jul 2 18:37 keyrt á /ftr/hengill/skeljar.grb/upphafsastand-skyrsla2003/ með skipuninni: draw.histories mai28e mai28e

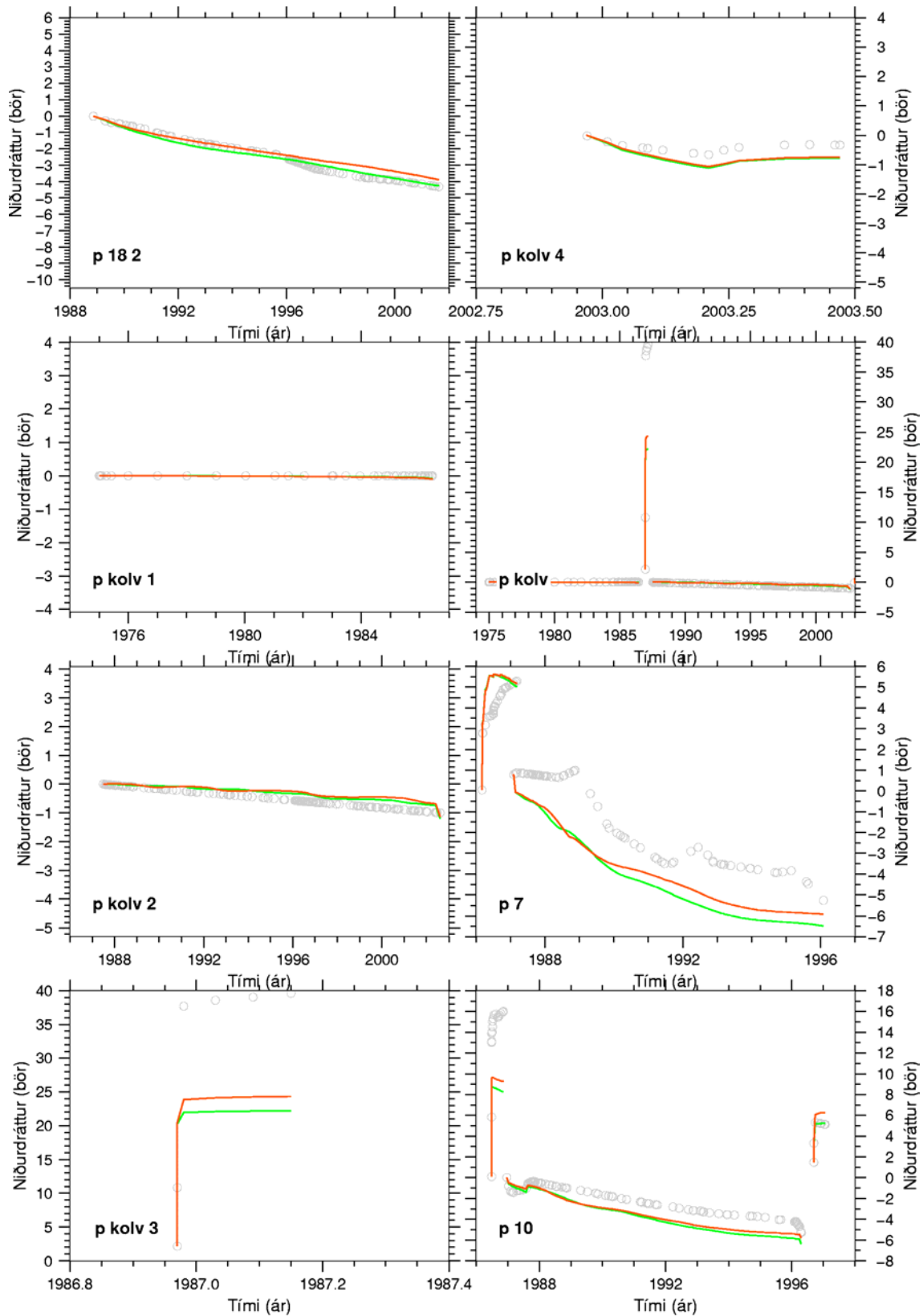
Mynd 103: Drýstibreytingar í holum 7, 9, 10, 12 og 14 á Nesjavöllum.



GMT Jul 2 18:37 keyrt á /ftr/hengill/skeljar.grb/upphafsastand-skyrsla2003/ með skipuninni: draw.histories mai28e mai28e

**Mynd 104:** Þrýstibreytingar í holum 14, 15, 17 og 18 á Nesjavöllum.





GMT Jul 2 18:37 keyrt á /ftr/hengill/skeljar.grb/upphafsastand-skyrsla2003/ með skipuninni: draw.histories mai28e mai28e

Mynd 105: Þrýstibreytingar í holu NJ-18, KHG-1 og öll saga holna NJ-7 og NG-10.

**Jarðvarmavirkjun á Hellisheiði. Gróður-  
kort af vatnsverndarsvæði og áhrifasvæði  
heitavatnslagnar**

**Guðmundur Guðjónsson**

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

NÍ-03011

Reykjavík, júlí 2003



NÁTTÚRUFRÆÐISTOFNUN ÍSLANDS

## EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR	3
2 GRÓÐURFAR	4
2.1 Reynisvatnsheiði að Lyklafelli (1. svæði)	4
2.2 Lyklafell að Kolviðarhóli (2. svæði)	5
2.3 Vatnsverndarsvæði við Húsmúla (3. svæði)	6
3 ÁHRIF FRAMKVÆMDA Á GRÓÐUR	7
4 HEIMILDIR	7

## 1 INNGANGUR

Samkvæmt beiðni Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns hf., VGK, fyrir hönd Orkuveitu Reykjavíkur í bréfi dagsettu 3. júní 2003 gerði Náttúrufræðistofnun Íslands áætlun um kostnað við rannsókn á gróðurfari (gerð gróðurkorts) vegna mats á umhverfisáhrifum jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði. Rannsóknin fólst í athugun á gróðurfari á leið fyrirhugaðrar heitavatnslagnar Hellisheiðarvirkjunar við Kolviðarhól að Reynisvatnsheiði og á vatnsverndarsvæði við Húsmúla. Rannsóknarsvæðið er lægst í tæplega 100 m y.s. við Elliðakotsmýrar en fer hæst í tæplega 300 m í hliðarrótum Húsmúla.

Til eru gróður- og jarðakort í mælikvarða 1:25.000 af vatnsverndarsvæðinu og landinu sem fyrirhugað er að heitavatnslögnin liggja um. Þau voru gefin út af Rannsóknastofnun landbúnaðarins með stuðningi Hitaveitu Reykjavíkur 1988 og 1989 (Vífilsfell 1613 III sa og Hellisheiði 1613 II sv). Á þessum kortum voru gróðurfélög, sem kortlögð höfðu verið á vettvangi, sameinuð í gróðurlendi þannig að kortin yrðu auðveldari aflestrar. Frumgögn þessara korta, þ.e. vettvangsvinna og kortafilmur, eru nú í umsjá Náttúrufræðistofnunar Íslands og eru þau notuð sem grunnur að nýju gróðurkortum af rannsóknarsvæðinu. Gróður- og landflokkingun fór fram með hefðbundnum aðferðum gróðurkortagerðar Rannsóknastofnunar landbúnaðarins og Náttúrufræðistofnunar Íslands þar sem gróðursamfélög voru flokkuð eftir ríkjandi tegundum plantna samkvæmt gróðurlykli Steindórs Steindórssonar (1981). Lítt eða ógróið land var einnig flokkað gróflega eftir landgerðum. Guðmundur Guðjónsson, Regína Hreinsdóttir og Sigrún Jónsdóttir unnu að endurskoðun gróðurkortsins.

Frumgögn með ýtrustu skiptingu gróðurs í gróðurfélög og skiptingu lítt eða ógróins lands voru notuð til að teikna nýtt gróðurkort á myndkort Loftmynda ehf. frá 1997. Eftir að gamla gróður- og landgreiningin hafði verið endurteiknuð á myndkortið í tölva var kortlagningin endurskoðuð á vettvangi vegna breytinga sem orðið höfðu á gróðurfari. Vettvangsvinnan var unnin á myndkortið í mælikvarða 1:15.000. Áætlað var að skila korti af heitavatnslögninni í mælikvarða 1:25.000 en af vatnsverndarsvæðinu í mælikvarða 1:10.000. Horfið var frá því að skila sérkorti af vatnsverndarsvæðinu í mælikvarða 1:10.000 vegna þess að gróðurfur svæðisins skilaði sér mjög vel í 1:25.000. Heitavatnslögnin og vatnsverndarsvæðið eru því sýnd saman á meðfylgjandi gróðurkortum (Vatnsverndarsvæði og áhrifasvæði heitavatnslagnar vegna Hellisheiðarvirkjunar, gróðurkort, mælikvarði 1:25.000). Gróðurfur er sýnt á mest öllu vatnsverndarsvæðinu og á a.m.k. 500 m belti beggja vegna við fyrirhugaða heitavatnslögn.

Bent er á að í þessari skýrslu er fjallað um gróðurfur samkvæmt meðfylgjandi gróðurkortum og vettvangskönnun á áhrifasvæði fyrirhugaðrar heitavatnslagnar frá Hellisheiðarvirkjun og vatnsverndarsvæði við Húsmúla. Í henni er ekki fjallað um flóru svæðisins, þ.e. tegundafjölbreytni háplantna, hversu sjaldgæfar þær eru, hvort þær eru á valista o.s.fv.



## 2 GRÓÐURFAR

Gróðurfar á svæðinu sem hér verður fjallað um, þ.e. við fyrirhugaða heitavatnslögn og á vatnsverndarsvæði við Húsmúla, er frekar fábrotið miðað við að það spannar 18 km enda á milli og er 34 km<sup>2</sup> að flatarmáli. Meginhluti landsins er vel gróinn, mest er um mosagróin holt og lágar hæðir með gras- og lynggróðri í lægðum. Liðlega fjórðungur svæðisins er mosagróið hraun. Samfelld votlendi er aðeins að finna á tveimur stöðum þ. e. við eyðibýlið Elliðakot og í rótum Húsmúla við Draugatjörn. Annað votlendi á svæðinu er það lítið að flatarmáli að ekki er hægt að sýna það á gróðurkortinu. Víðáttumikið mosaríkt graslendi er á Norðurvöllum og Bolavöllum en norðan við vellina er lítt eða ógróið grýtt land. Mikið vallendi er við Kolviðarhól.

Á öllu svæðinu má sjá merki þess að gróður er í framför en ástæða þess er fyrst og fremst minnkandi beitarálag á undanförunum tveimur áratugum. Þar sem land hefur verið alfriðað fyrir beit, eins og t.d. suðvestan við Selvatn, er gróskumikill gróður með blómstöði, grösom og víðirunnum. Fyrirhugað er að heitavatnslögnin liggja mest alla leiðina meðfram raflinum sem þarna eru, en þar hefur land verið grætt upp á nokkrum stöðum.

Hér á eftir verður gróðurfarinu á kortlagða svæðinu lýst í þremur hlutum. Um landið sem heitavatnslögnin fer um verður fjallað í tvennu lagi. Þ.e. frá heitavatnstönkum á Reynisvatnsheiði að Lyklafelli (1. svæði) og frá Lyklafelli að Kolviðarhóli (2. svæði). Gróðurfari á vatnsverndarsvæðinu (3. svæði) verður lýst sérstaklega en sú lýsing skarast að hluta við umfjöllun um 2. svæði í Svínahrauni.

### 2.1 Reynisvatnsheiði að Lyklafelli (1. svæði)

Hér verður lýst a.m.k. 500 m belti beggja vegna við fyrirhugaða heitavatnslögn frá heitavatnstönkum á Reynisvatnsheiði að spennistöð við Lyklafell. Þessi hluti lagnarinnar er 8,4 km og flatarmál kortlagða svæðisins er liðlega 9 km<sup>2</sup>.

Lega svæðisins yfir sjó er frá tæpum 100 m í Elliðakotsmýrum að tæpum 200 m við spennistöð vestan við Lyklafell. Meirihluti svæðisins er vel gróinn en talsvert er um lítt eða ógróna mela vestan Elliðakotsmýra á Kotási og Hólms- og Reynisvatnsheiðum. Vestan vegarins að Dallandi hefur gróðurfari verið umbylt með plöntun trjáa í gróið land. Þar hafa einnig nokkrir melar verið græddir upp með sáningu og áburðargjöf. Austan við Elliðakotsmýrar er landið vel gróið. Þar er mosagróður á nokkuð grýttum holtum. *Mosi með smárunnum* (A4) er mest áberandi en á austurhluta svæðisins er mikið af *mosa með grösom og smárunnum* (A8). Í dældum og lautum þar sem landið er ekki eins áveðra er mest um graslendi og lyngmóa þ.e. *grös* (H1), *grös með smárunnum* (H3), *beitilyng-krækilyng-bláberjalyng* (B4) og *bláberjalyng-krækilyng-víðir* (B7).

Elliðakotsmýrar eru um það bil 60 ha samfelld gróskumikið votlendi. Það var á árum áður ræst fram en aðeins lítill hluti þess var ræktaður. Skurðirnir eru nú meira og minna stíflaðir og framræslan að miklu leyti gengin til baka. Í flestum skurðanna vex nú tjarnastör, klófifa og ýmiss konar vatnagróður. Líklega er þarna um að ræða stærsta samfellda votlendi í nágrenni höfuðborgarsvæðisins þar sem blautar mýrar og flóar eru ríkjandi. Það er ekki fyrir en komið er efst upp á Mosfellsheiði sem stærri

jafn blautar samfelldar votlendismýrar er að finna. Tjarnastör er mjög áberandi í öllu votlendinu. Flóagróðurfélagið *tjarnastör* (V2) er að finna á tæpum 5 hekturum en algengasta gróðurfélagið er mýragróðurfélagið *mýrastör-tjarnastör* (U19) sem er þarna mjög blautt. Í því gróðurfélagi vex tjarnastör í toppum og er mjög áberandi þó að mýrastörin hafi meiri þekju. Áberandi fylgitegundir í þessu gróðurfélagi eru bláberjalyng og fjalldrapi. Önnur mýragróðurfélög sem koma fyrir eru *mýrastör-hengistör* (U1), *mýrastör-víðir* (U2), *mýrastör-klófifa* (U4) og *mýrastör* (U5).

## 2. 2 Lyklafell að Kolviðarhóli (2. svæði)

Hér verður lýst a.m.k. 500 m belti beggja vegna við fyrirhugaða heitavatslögn frá spennistöð við Lyklafell að Kolviðarhóli. Þessi hluti leiðslunnar er 9,8 km langur og flatarmál kortlagða svæðisins sem lýst verður er talsvert yfir 10 km<sup>2</sup>.

Lega svæðisins yfir sjó er frá 180 m sunnan við Litla-Lyklafell í um 270 m við Kolviðarhól. Svæðið sem heitavatslögnin kemur til með að liggja um á þessum kafla er vel gróið. Mestur hluti þess er algróið hraun en mosagróður, lyngmóar og valllendi utan þess.

Á vestasta hluta leiðarinnar frá spennistöð að hraunjaðrinum er gróðurþekjan nokkuð rofin þar sem áveðra er, einkum á holtum og í Litla-Lyklafelli. Á þessum kafla, sem eru tæpir 3 km, hefur verið grætt upp talsvert af melum vegna lagningar raflínunnar. Virðist svo sem borinn hafi verið hæfilegur skammtur af áburði á suma þeirra til þess að hjálpa þeim gróðri og fræforða sem fyrir voru til að komast á legg. Þetta hefur tekist vel á mörgum melkollunum og er landið þar, samfara minnkandi beit, óðum að lokast. Náttúrulega gróðrinum á þessum kafla svipar mjög til þess gróðurs sem lýst er á 1. svæði frá Elliðakotsmýrum að Spennistöð nema hvað gróðurinn er grasgefnari og minna af hreinum lyngmóa. Ríkjandi gróðurfélög eru *mosi með smárunnum* (A4), *mosi með grösom og smárunnum* (A8), *grös* (H1) og *grös með smárunnum* (H3). Á kollum eru gróðurfélög sem hafa flest litla gróðurþekju. Þar má helst telja *holtasóley*, *krækilyng-víðir* (B6) og *uppgræðsla-ræktað graslendi* (R5). Þar koma einnig fyrir lítt eða ógrónir melar með gróðurþekju innan við 10%.

Leiðin þar sem fyrirhugað er að leggja heitavatslagnarinnar um Svínahraun er um 6 km löng. Þarna er algróið hraun með ríkjandi mosagróðri. Á kollum er *mosi með stinnastör* (A2) ríkjandi en í lægðum er *mosi með grösom og smárunnum* (A8) útbreiddastur. Í lægðum er einnig talsvert af *mosa með smárunnum* (A4), einkum austast í hrauninu. Segja má að gróðurfarið í hrauninu sé mjög einsleitt en á nokkrum stöðum eru grösin það ríkjandi að gróðurinn flokkast sem graslendi, þ.e. *grös* (H1) og *grös með smárunnum* (H3).

Norðan við Litlu kaffistofuna stingur áferð hraunsins á um 15 ha svæði í stúf við áferð hraunsins almennt. Þarna ríkir gróðurfélagið *mosi* (A1) sem er hreinn mosagróður með mjög litlu af fylgitegundum. Þó gróðurinn í þessu kargahrauni sé ekki margbrotinn eru þar tveir athyglisverðir 3–5 m djúpir bollar sem eru vel grónir gras-, lyng- og blómgróðri. Hver sem skýringin er á tilurð þessara bolla þá eru þeir afar sérstakir en samkvæmt núverandi áformum kemur heitavatslögnin til með að liggja yfir þá. Annað náttúrufrýrbæri á svæðinu er lítil falleg tjörn undir háspennulínu rétt norðan við fyrirhugaða heitavatslögn. Í kringum tjörnina er lítil mýrarstarmýri, við

bakka hennar er klóffuflóablettur og í tjörninni sjálfri vex mógrafarbrúsi. Hér er hún nefnd „Brúsatjörn” og er ásamt bollunum merkt sérstaklega inn á gróðurkortinu.

Frá því hrauninu sleppir og að Kolviðarhóli er gróðurfarið mjög einsleitt. Þar er um að ræða rennisléttu graslendisvelli *grös* (H1) sem að hluta til eru það mosaríkir að þeir flokkast sem *mosi með grösum og smárunnum* (A5).

Norðan við vallendið tekur við gróskumikið votlendi við Draugatjörn við rætur Húsmúla. Þetta votlendi er annað af tveimur samfelldum votlendissvæðum á öllu kortlagða svæðinu. Um það er fjallað hér, þó að það sé bæði lengra en 500 m frá heitavatslögninni og utan vatnsverndar-grannsvæðis, vegna þess að hugmyndir eru uppi um að um að í nágrenni Draugatjarnar verði lögð kaldavatslögn til stöðvarhúss við Kolviðarhól. Þarna er fjölbreytt blautt mýrasvæði með flóabletti vöxnum klóffu (*klóffu* (V3)). Stærsta mýrargróðurfélagið er *mýrastör-mýraelfting* (U13). Það er aðallega efst í hlíðarrótunum þar sem hallinn er meiri. Önnur gróðurfélög eru *mýrastör-hengistör* (U1), *mýrastör-klóffu* (U4) og *mýrastör-tjarnastör* (U19). Vatlendið á þessum stað er mjög mikilvægt fyrir lífríki svæðisins vegna þess hve lítið er um votlendi á þessum slóðum. Þess má geta að um 6 km eru í beinni loftlínu frá þessum stað í næsta votlendi sem er sambærilegt að flatarmáli.

### 2.3 Vatnsverndarsvæði við Húsmúla (3. svæði)

Vatnsverndarsvæðin sem sýnd eru á gróðurkortinu vestan og sunnan við Húsmúla eru tvö. Minna svæðið sem er 2,7 km<sup>2</sup> að flatarmáli er kallað brunnsvæði og stærra svæðið sem er 18 km<sup>2</sup> að flatarmáli er svokallað grannsvæði. Enn stærra svæði sem ekki er sýnt á kortinu er svokallað fjarsvæði. Eins og fyrr greinir skarast grannsvæðið við 2. svæði en suðurmörk þess eru nálægt fyrirhugaðri heitavatslögn.

Mestur hluti brunnsvæðisins er flatlendi sem tilheyrir Bolavöllum en nyrsti hluti þess nær þó upp í illa grónar hæðirnar þar norður af. Gróðurfur á Bolavöllum er aðallega vallendi með *grös* (H1) sem ríkjandi gróðurfélag. Graslendið þarna er mjög mosaríkt en helstu grastegundir í því eru vallarsveifgras, túnvingull og bugðupunktur. Hluti af flatlendinu á Bolavöllum er *mosi með stinnastör* (A2) og *mosi með grösum* (A5) kemur fyrir. Í hlíðinni er stærsti hlutinn grýttur lítt- eða ógróinn melur. Þar er líka talsvert af mosagróðri, þ.e. *mosi með grösum og smárunnum* (A8) og *mosi með smárunnum* (A4). Í mólendi eru tvö gróðurfélög. Þ.e. *krækilyng-bláberjalyng-sauðamergur* (B2) og *fléttumói* (J1). Þessi gróðurfélög eru svipuð að tegundasamsetningu nema hvað í fléttumóanum eru fléttur ríkjandi, aðallega hreindýramosi og fjallgrös.

Á Bolavöllum og Norðurvöllum eru árstíðabundnir vatnsfarvegir sem eru þurrir mest allt sumarið. Hluti þeirra er gróinn mosapembu en aðalfarvegurinn er grýttur og ógróinn. Í hann hafa verið lagðir vegslóðar vegna framkvæmda við boranir á svæðinu.

Grannsvæðið var ekki allt kortlagt. Gróðurfarið innan þess er í megindráttum sambærilegt við gróðurfarið á brunnsvæðinu fyrir utan þann hluta sem nær yfir Svínahraun og lýst hefur verið með 2. svæði.

### 3 ÁHRIF FRAMKVÆMDA Á GRÓÐUR

Samkvæmt fyrirbyggjandi gögnum og vettvangsrannsókn eru ekki sjaldgæf gróðurfélög sem þörf er að vernda á fyrirhuguðu áhrifasvæði heitavatnslagnar frá Helliðarvirkjun eða á vatnsverndarsvæði við Húsmúla. Hins vegar ber að gera ráðstafanir til að spilla ekki votlendi í Elliðakotsmýrum og við rætur Húsmúla. Einnig er bent á nauðsyn þess að spilla ekki gróðri í sérkennilegum hraunbollum í hrauninu norðan við Litlu kaffistofuna þar sem fyrirhugað er að heitavatnslögnin liggi. Huga ber einnig að því að raska ekki svokallaðri „Brúsatjörn“ sem staðsett er undir háspennulínunum austar í hrauninu. Lagt er til að tjörnin og næsta umhverfi hennar verði verndað fyrir framkvæmdum. Þó slíkar tjarnir séu algengar bæði á lands- og héraðsvísu þá er þessi tjörn sú eina í þessu hrauni og þess vegna svæðinu til mikillar þryði. Bæði þessi náttúrufrýrbærir eru merkt inn á gróðurkortinu en þeim er lýst hér að framan eins og votlendinu í Elliðakotsmýrum og við Húsmúla.

### 4 HEIMILDIR

Steindór Steindórsson 1981. Flokkun gróðurs í gróðursamfélög. Íslenskar landbúnaðarrannsóknir. 12,2. Bls. 11–52.

Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1988. Gróður- og jarðakort, blað 1613 III sa Vífilfell (1:25.000). Reykjavík

Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1989. Gróður- og jarðakort, blað 1613 II sv Helliðheiði (1:25.000). Reykjavík



# Vatnsverndarsvæði og áhrifasvæði heitavatnslagnar vegna Hellisheðarvirkjunar

Gróðurkort - 1:25.000

## SKÝRINGAR

### ÞURLENDI

- Moel**  
 A1 Moel  
 A2 Moel með stinnastór  
 A3 Moel með stinnastór og smárunnum  
 A4 Moel með smárunnum  
 A5 Moel með grösum  
 A7 Moel með þursaskeggi og smárunnum  
 A8 Moel með grösum og smárunnum

### Mólandi

- B2 Krækilyng - bláberjalyng - sauðamergur  
 B4 Beltilyng - krækilyng - bláberjalyng  
 B5 Beltilyng - sortulyng - krækilyng  
 B8 Holtasóley - krækilyng - víðir  
 B7 Bláberjalyng - krækilyng - víðir  
 F2 Móasaf - smárunnar  
 J1 Fléttumól - smárunnar

### Gras- og blómendi

- H1 Grös  
 H2 Grös með stórum  
 H3 Grös með smárunnum  
 L1 Hávxnar blómjurtir  
 L2 Lágvxnar blómjurtir  
 L3 Lúpína

### Ræktað land

- R6 Uppgræðsla - ræktað graslandi  
 R8 Skógrækt

### VOTLENDI

- Mýri**  
 U1 Mýrastór/stinnastór - hengistór  
 U2 Mýrastór/stinnastór - víðir  
 U4 Mýrastór/stinnastór - klóffa  
 U5 Mýrastór/stinnastór  
 U13 Mýrastór/stinnastór - mýrflötting  
 U19 Mýrastór/stinnastór - tjarnastór

### Flóli

- V2 Tjarnastór  
 V3 Klóffa

### ADRAR SKÝRINGAR

#### Skert gróðurþekja

- x Gróðurþekja að meðaltali 75%  
 z Gróðurþekja að meðaltali 50%  
 p Gróðurþekja að meðaltali 25%  
 a Nokkurt grjót í gróðri  
 b Talsvert grjót í gróðri

#### Gróðurlaust eða lítt gróð land

- gt Grjót  
 h/rf Hraun  
 me Meisir  
 mo Meisir  
 aa Bæjar  
 ey Þurrar áreyrar  
 sv Vatn

#### Níðurgreinin heitavatnslagn

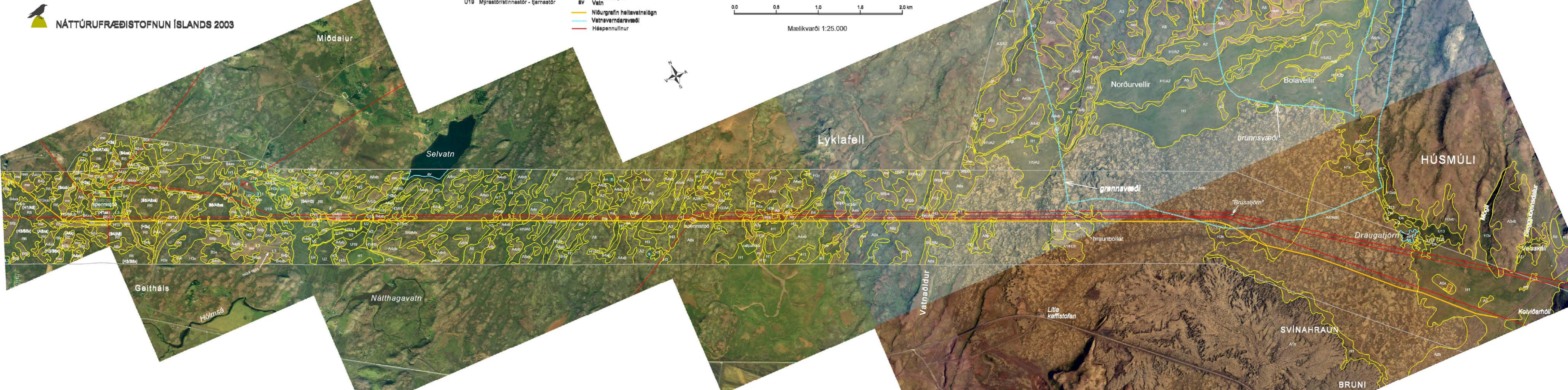
#### Vatnsverndarsvæði

#### Háspennullínur

Myndkort: Loftmyndir ehf 1997  
 Gróðurgreining: Rannsóknastofnun landbúnaðarins 1987  
 og Náttúrufræðistofnun Íslands 2003  
 Útlit korta: Sigrún Jónsdóttir

Unnlö fyrir Orkuveitu Reykjavíkur  
 og er hluti skýrslu NI-03011

Mælikvarði 1:25.000





LÍFFRÆÐISTOFNUN HÁSKÓLANS

FJÖLRIT NR. 60

Smádýralíf á Hellisheiði:  
við Stóra Reykjafell, Skarðsmýrarfjall,  
í Hellisskarði og Sleggjubeinsskarði.  
Könnun sumarið 2001

*Iris Hansen og Jón S. Ólafsson*

REYKJAVÍK 2002

**Efnisyfirlit**

Ágrip.....	2
Inngangur.....	3
Efni og aðferðir.....	3
Sýnataka.....	3
Úrvinnsla.....	4
Niðurstöður og umræða.....	6
Svæðalýsing.....	6
Hiti.....	12
Smádýralíf.....	15
Samantekt og ályktanir.....	29
Þakkir.....	30
Heimildaskrá.....	30

## Ágrip

- Könnun var gerð á magni og samsetningu smádýrafánu í mismunandi búsvæðagerðum á Hellisheiði sumarið 2001. Dýrum var safnað í fallgildir á 13 svæðum, sem voru í Sleggjubeinsskarði (5 svæði), í Hellisskarði (3 svæði), við borholu 1, austan við Stóra Reykjafell (2 svæði) og við borholu 2, sunnan við Skarðsmýrarfjall (3 svæði).
- Búsvæðin sem smádýr voru veidd úr í Sleggjubeinsskarði voru fjölbreytt, en í Hellisskarði voru veiðisvæðin hins vegar mun einsleitari. Við borholu 1 var gróskumikið land, en við borholu 2 var land þurrara, en líkt að öðru leyti svæðunum við borholu 1.
- Heildarafli smádýra var minnstur í gildrunar við jarðhitasvæðin í Sleggjubeinsskarði (SLE-1) og við borholu 2 (BH2-1). Heldur meira veiddist á svæðum 2 og 3 í Sleggjubeinsskarði (SLE-2 og SLE-3). Sameiginlegt með öllum þessum svæðum er hve gróðurlítil þau voru.
- Álíka mörg smádýr veiddust í gildirum sem staðsettar voru í mosapembu á svæðum SLE-4, BH1-2 og BH2-2.
- Mestur var fjöldi smádýra í graslendi, á svæðum SLE-5, HSK-3, BH1-1 og BH2-3. Af einstökum hópum voru bjöllur og langfætlur ríkjandi á gróðursnauðum svæðum, en tvívængjur og langfætlur á grónum svæðum.
- Fjölbreytileiki bjallna og köngulóa var mestur á svæði 5 í Sleggjubeinsskarði, en minnstur var fjölbreytileiki þessara hópa á svæði 3 í Hellisskarði.



## Inngangur

Að beiðni Orkuveitu Reykjavíkur (OR) tók Líffræðistofnun Háskólans að sér umhverfisrannsóknir á Hellisheiði í tengslum við tilraunaboranir OR. Rannsóknir á smádýralífi fóru fram á stöðum sem valdir voru í samráði við Einar Gunnlaugsson jarðfræðing hjá OR. Markmið smádýrarannsóknanna var fyrst og fremst að fá upplýsingar um magn og gerðir smádýrasamfélaga við fyrirhuguð athafnasvæði OR á Hellisheiði og afla þannig grunnvitneskju um smádýralíf í mismunandi búsvæðagerðum. Upplýsingarnar verður síðan hægt að nýta við kortlagningu svæða með tilliti til verndargilda. Samfara þessum rannsóknarluta var gerð gróðurúttekt á völdum svæðum, m.a. þeim sem smádýrum var safnað af (sjá skýrslu Rannveigar Thoroddsen sem unnin var fyrir OR 2001).

Rannsóknir á landliðdýrum á Íslandi eru enn fremur brotakenndar. Á síðari árum hefur Erling Ólafsson skordýrafræðingur á Náttúrufræðistofnun Íslands verið ötulastur að afla upplýsinga um líffræði landliðdýra á Íslandi (Erling Ólafsson 1988, 2000). Auk þess eru nýlegar samantektir um áttfætlufánu Íslands, sem er mikilvægt innlegg í þekkingu á íslensku landliðdýrfánunni (Ingi Agnarsson 1996, 1998). Þá má nefna að nýlega eru farnar af stað yfirlitsrannsóknir á lífríki smádýra á háhitasvæðum, sem beinast einkum að því að afla grunnþekkingar um fánu og lífsferla dýra á þessum einstöku búsvæðum. Rannsóknir þessar fara fram á Reykjanesi, Þeistareykjum og á Ölkelduhálsi. Má segja að þær séu framhald forrannsókna sem fram fóru við Námafjall og í Bjarnarflagi 1998 og 1999 (Jón S. Ólafsson og María Ingimarsdóttir 1999, María Ingimarsdóttir 2000).

## Efni og aðferðir

### *Sýnataka*

Smádýr voru veidd í fallgildirur (Barber gildirur) sem einkum veiða dýr sem eru á ferli í svarðlaginu eða ofan á jarðvegisyfirborði. Rannsóknartímabilið hófst 29. júní og lauk 6. september 2001. Gildirurnar voru fyrst tæmdar eftir þrjár vikur, en eftir það á tveggja vikna fresti, alls þrisvar sinnum. Fallgildirur voru staðsettar á fjórum stöðum (1. mynd), sem var skipt í 2-5 svæði. Á hverju svæði var síðan komið fyrir þremur fallgildrum. Gildirurnar voru af hefðbundinni gerð (Erlendur Jónsson og Erling

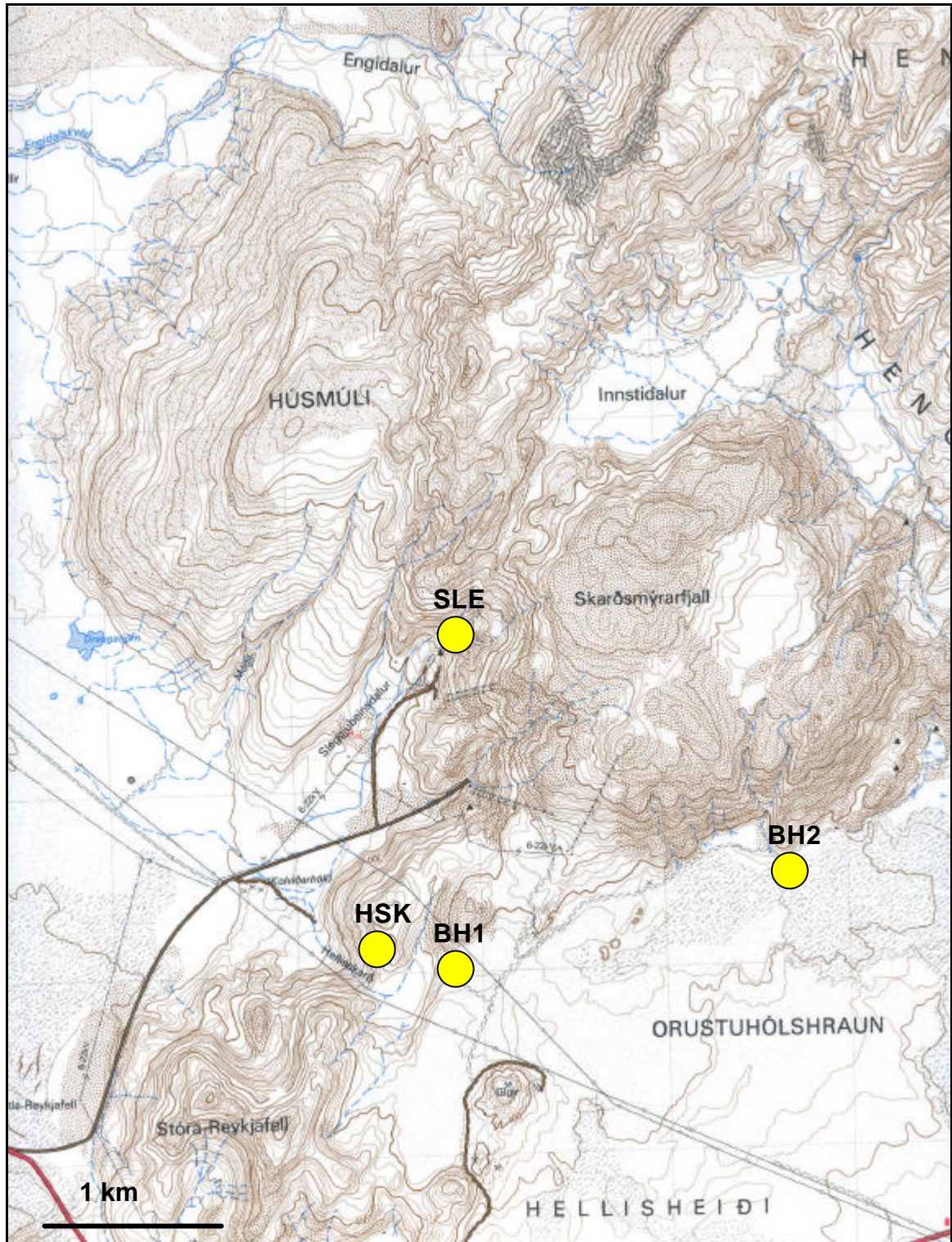
Ólafsson 1989). Hver gildra samanstóð af plastglasi (11 cm hátt, 7,5 cm í þvermál að ofan og 5,5 cm í þvermál að neðanverðu) sem grafið var niður í jarðveginn þannig að efri brúnir næmu við jarðvegsyfirborð. Til að koma í veg fyrir að gildrunar fylltust af regnvatni var plastlok (13 cm í þvermál) fest með tveimur 5 tommu nöglum ofan við gildruna, þess var gætt að lokið væri ekki nær en 3-4 cm frá jarðvegsyfirborði. Hver gildra var fyllt að einum þriðja með frostlegi til að varðveita aflann. Kostir fallgildrunnar felast fyrst og fremst í að þar fæst mælikvarði á hvaða smádýr eru á kreiki hverju sinni á yfirborði eða í sverðinum. Gildrunar ná hins vegar illa til þeirra dýra sem lifa niðurgrafin í jarðveginn s.s. ormar eða til fljúgandi skordýra, nema þeirra sem leita skjóls undir loki gildranna.

Jarðvegshiti var mældur við hverja gildru, þegar þær voru settar niður og í hvert skipti þegar þær voru tæmdar. Hitinn var mældur við yfirborð jarðvegs í svarðlaginu og á 5 cm dýpi.

Úttekt á gróðurfari var framkvæmd í lok júnímánaðar 2001, um leið og gildrunar voru settar niður. Gerður var tegundalisti fyrir einkennandi búsvæði á hverjum stað (sjá skýrslu Rannveigar Thoroddsen um gróðurfar á Helligheiði).

### *Úrvinnsla*

Greiningar á smádýrum voru framkvæmdar á Líffræðistofnun Háskólans og á Náttúrufræðistofnun Íslands. Grófgreint var úr öllum þremur gildrunum af hverju svæði. Stökkmor (Collembola) og áttfætlumaurar (Acarina) voru ekki teknir með, m.a. vegna hversu erfitt er að greina þessa hópa. Smádýr úr tveimur af þremur gildrum voru greind til tegunda/ætta. Mest áhersla var lögð á að fá sem ítarlegasta mynd af samfélögum bjallna og köngulóa, en minni áhersla var lögð á fljúgandi skordýr. Í gagnaúrvinnslu var lögð áhersla á að reikna út heildarafla mismunandi tegunda/hópa á hverju svæði og fá upplýsingar um fjölbreytileika einstakra svæða. Fjölbreytileikinn er gefinn sem fjölbreytileikastuðull Simpsons (Krebs 2001) fyrir hvert svæði. Við útreikning á Simpsons fjölbreytileikastuðli er tekið mið af hlutfallslegum fjölda einstakra tegunda í sýninu eða á svæðinu. Stuðullinn sýnir hverjar líkur eru á því að ólíkar tegundir fáist ef tveir einstaklingar eru teknir af handahófi úr sýni. Þannig gefur hátt gildi til kynna að fjölbreytileiki sé mikill.



1. mynd. Kort sem sýnir staðsetningu sýnatökusvæða (gulir hringir), SLE: Sleggjubeinsskarð, HSK: Hellisskarð, BH1: borhola 1 við Stóra Reykjafjall og BH2: borhola 2 við Skarðsmýrarfjall. Byggt á korti Landmælinga Íslands í mælikvarðanum 1:25,000.

## Niðurstöður og umræða

### Svæðalýsing

Rannsóknin náði til fjögurra staða (1. mynd): Sleggjubeinsskarð, Hellisskarð, við borholu 1 (austan við Stóra Reykjafell) og við borholu 2 (sunnan við Skarðsmýrarfjall). Innan hvers staðar voru gildirur settar niður í 2-5 mismunandi búsvæðagerðum (1. tafla).

1. tafla. Staðsetning rannsóknarsvæða og einkenni búsvæða, þar sem fallgildur voru settar niður á Helligheiði sumarið 2001.

Staðsetning	Svæði	Kódi	Hnit		Einkenni búsvæða					
			Norður	Vestur	Gróður- laust við hveru	Gróður- laust kalt	Gróður- lítið mói	Mosa- þemba	Gras- bali	Lyng/ gras
Sleggjubeinsskarð	1	SLE-1	64 03,087	21 21,856	X					
"	2	SLE-2	64 03,091	21 21,912		X				
"	3	SLE-3	64 03,112	21 21,971	X					
"	4	SLE-4	64 03,129	21 21,967				X		
"	5	SLE-5	64 03,120	21 21,947					X	
Hellisskarð	1	HSK-1	64 02,150	21 22,910		X				
"	2	HSK-2	64 02,150	21 22,981			X			
"	3	HSK-3	64 02,158	21 23,016					X	
Borhola 1, við Stóra Reykjafell	1	BH1-1	64 01,594	21 23,003					X	
"	2	BH1-2	64 01,661	21 22,928				X		
Borhola 2, við Skarðsmýrarfjall	1	BH2-1	64 02,503	21 19,656	X					
"	2	BH2-2	64 02,466	21 19,647				X		
"	3	BH2-3	64 02,493	21 19,723						X

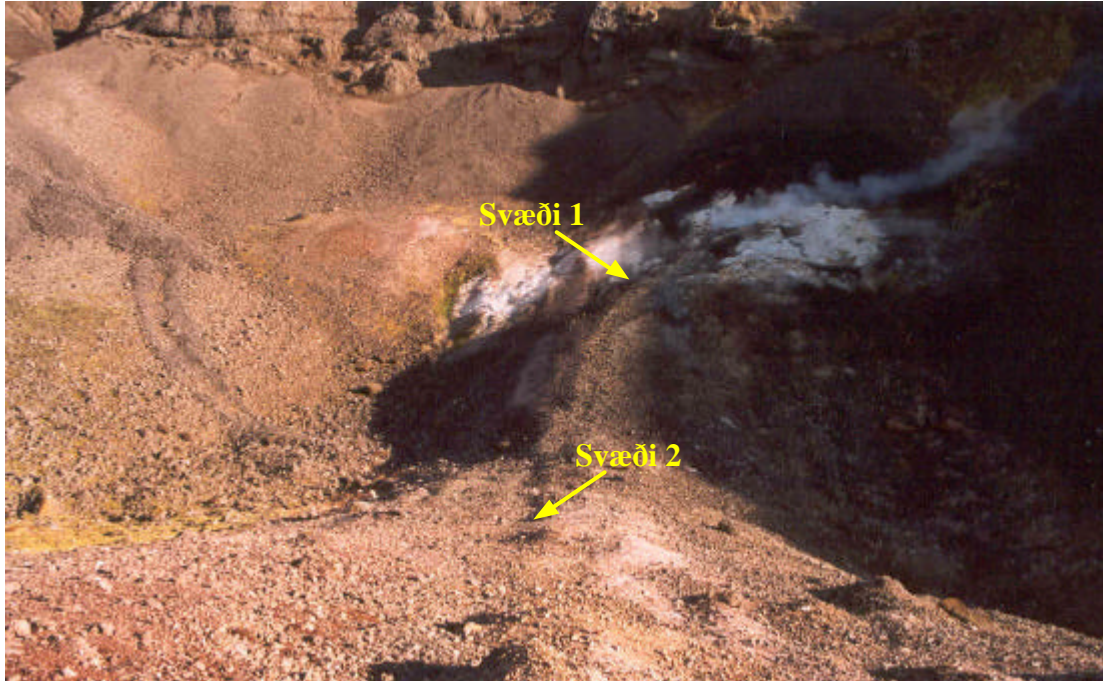
Svæðin sem valin voru til söfnunar smádyra í Sleggjubeinsskarði, voru innst og efst í skarðinu. Svæði 1 var á milli hveraaugna í grýttri gróðurlausri brekku. Þar mældist mestur hiti við gildirnar og nokkur gufa steig frá hverunum. Svæði 2 var á hrygg sem gengur fram, fyrir neðan svæði 1 (2. mynd). Það var líkt svæði 1, hvað varðar gróðurleysi og grýttan jarðveg, en var án jarðhita. Á svæði 3 voru gildirnar staðsettar í um 1 til 2 metra fjarlægð frá þurrari hveraugum en voru á svæði 1, í gróðursnaudum smágrýttum moldarjarðvegi (3. mynd). Á svæði 4 var þykk mosapemba og svæði 5 var grasbali í laut með læk í jaðrinum (4. mynd).



Í Hellisskarði voru þrjú búsvæði valin til sýnatöku, sem voru í vesturhlíð skarðsins og í námunda við vegslóða. Svæði 1 var gróðurlítill skriða, svæði 2 mói og svæði 3 grasbali (5. – 7. mynd).

Við borholu 1, austan við Stóra Reykjafell, var smádýrum safnað af tveimur svæðum. Svæði 1 var grasbali rétt við framkvæmdasvæði OR og svæði 2 mosapemba í um 100 m fjarlægð frá borholunni (8. mynd).

Svæðin sem safnað var af við borholu 2 voru í meiri fjarlægð frá sjálfri borholunni en hliðstætt sýnatökusvæði við borholu 1. Svæði 1 einkenndist af gróðurlausri moldar- og leirbrekku með brennisteinsútfellingum og jarðhita (9. mynd). Á svæði 2 var þykk mosapemba í hrauni og svæði 3 lyng- og grasbrekka (10. mynd).

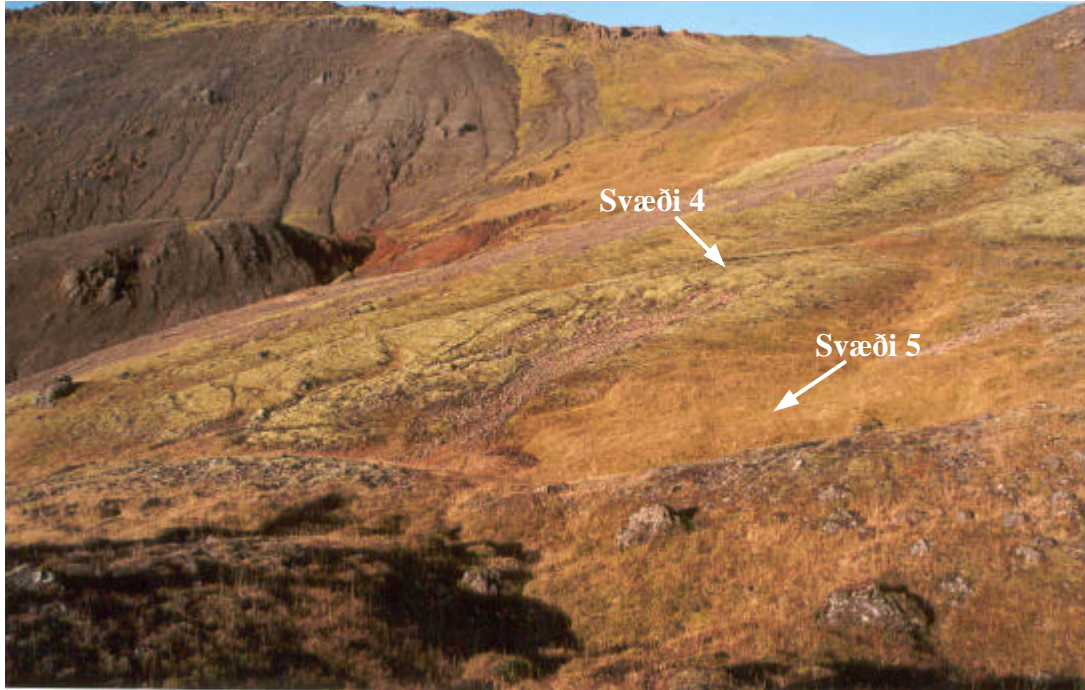


2. mynd. Svæði 1 og 2 í Sleggjubeinsskarði (SLE-1 og SLE-2), haustið 2001. (Ljósmynd: Sesselja G. Sigurðardóttir).

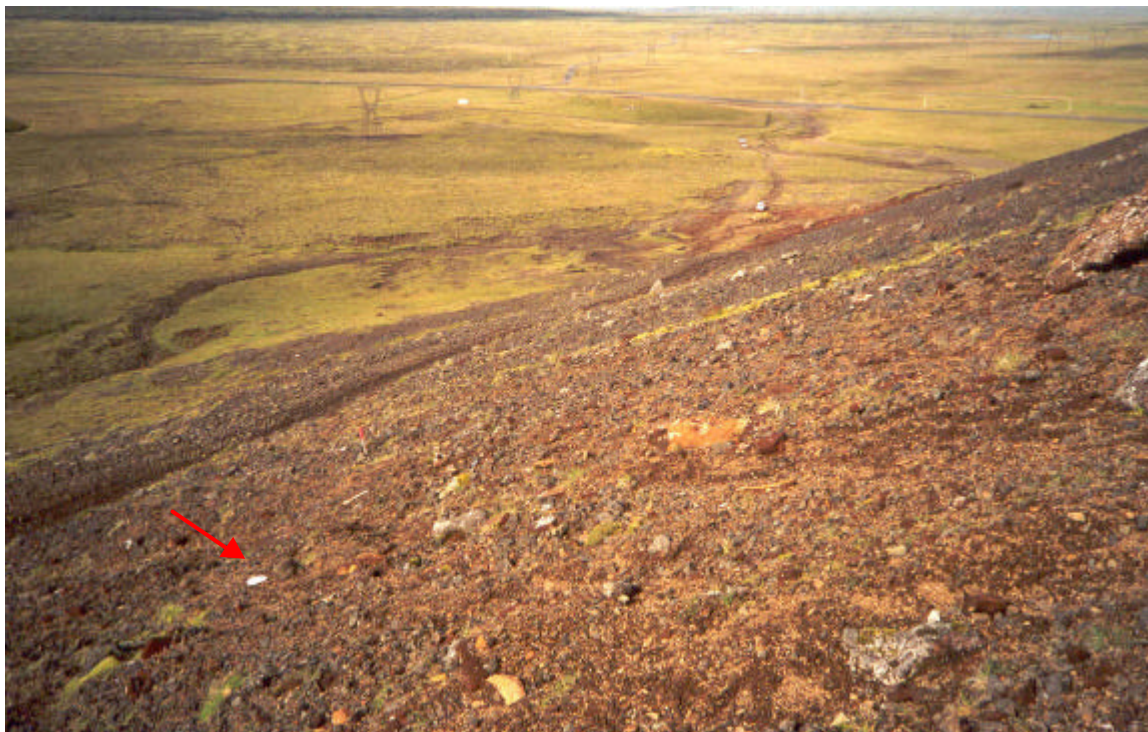


3. mynd. Svæði 3 (SLE-3) í Sleggjubeinsskarði, haustið 2001. (Ljósmynd: Sesselja G. Sigurðardóttir).





4. mynd. Svæði 4 og 5 (SLE-4 og SLE-5) í Sleggjubeinsskarði, haustið 2001. (Ljósmynd: Sesselja G. Sigurðardóttir).



5. mynd. Svæði 1 í Hellisskarði (HSK-1), sumarið 2001. Rauða örin bendir á eina fallgildru á svæðinu. (Ljósmynd: Iris Hansen).



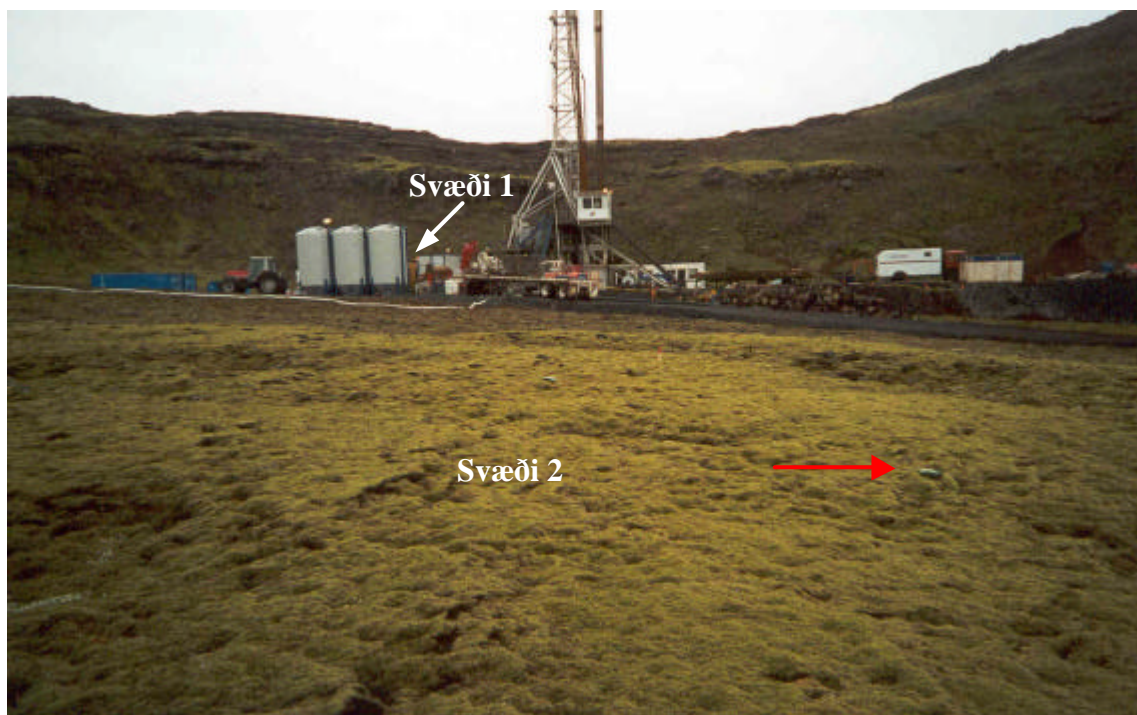


6. mynd. Svæði 2 í Hellisskarði (HSK-2), sumarið 2001. Rauða örin bendir á eina fallgildru á svæðinu. (Ljósmynd: Iris Hansen).

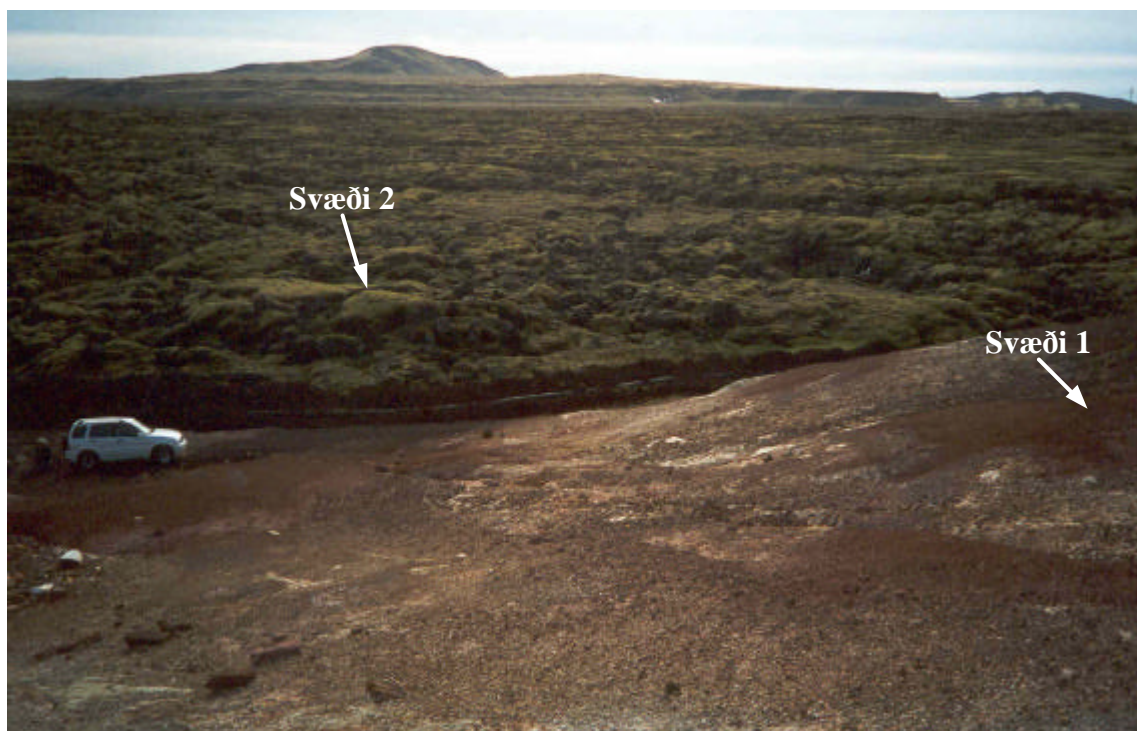


7. mynd. Svæði 3 í Hellisskarði (HSK-3), sumarið 2001. Rauða örin bendir á eina fallgildru á svæðinu. (Ljósmynd: Iris Hansen).





8. mynd. Svæði 2 við borholu 1 (BH1-2), við Stóra Reykjafell, sumarið 2001. Rauða örin bendir á eina fallgildru á svæði 2. Svæði 1 (BH1-1) er grasbali sem er í hvarfi af framkvæmdasvæðinu á myndinni. (Ljósmynd: Iris Hansen).



9. mynd. Svæði 1 og 2 við borholu 2 (BH2-1 og BH2-2), við Skarðsmýrarfjall, sumarið 2001. (Ljósmynd: Iris Hansen).



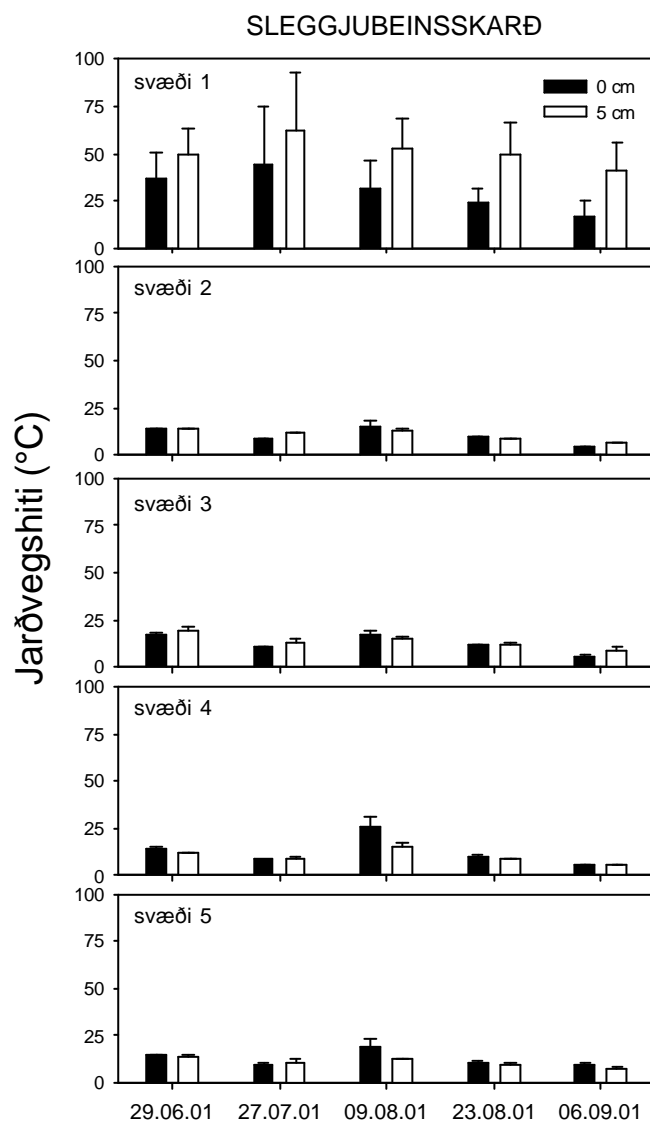
10. mynd. Svæði 3 við borholu 2 (BH2-3), við Skarðsmýrarfjall, sumarið 2001. (Ljósmynd: Iris Hansen).

### *Hiti*

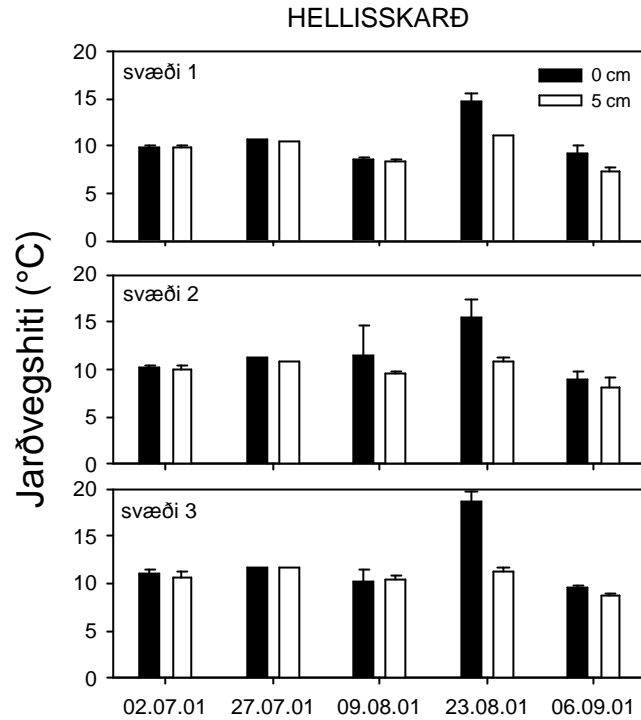
Jarðvegshiti var mældur við jarðvegsyfirborð og á 5 cm dýpi við gildrunar. Hitinn var hæstur á svæði 1 í Sleggjubeinsskarði, 20 - 40 °C við yfirborð og 40 - 60 °C á 5 cm dýpi (11. mynd). Á öðrum svæðum í Sleggjubeinsskarði var jarðvegs- og yfirborðshitinn innan við 20 °C í langflestum tilvikum (11. mynd). Í Hellisskarði var yfirborðshiti og jarðvegshiti mjög svipaður á öllum svæðum, um 10 °C, alla dagana sem mælingar voru gerðar. Á svæði 3, þann 23. ágúst, var hitinn við yfirborð þó töluvert hærri, tæpar 20 °C að öðru leyti var ekki mikill munur milli tímabila (12. mynd). Við borholu 1 var hins vegar mun meiri breytileiki, bæði í yfirborðs- og

jarðvegshita. Mestur hiti mældist í lok júlí og byrjun ágúst og að jafnaði var yfirborðshiti nokkru hærri en jarðvegshitinn (13. mynd).

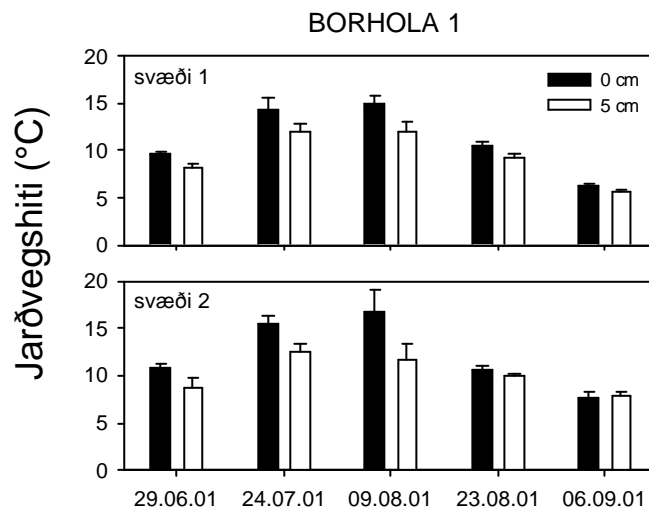
Á svæði 1, við borholu 2, voru töluverð áhrif frá jarðhita sem m.a. má sjá á því að jarðvegshitinn var hærri en yfirborðshitinn (14. mynd). Jarðvegshitinn var 30 - 36 °C fyrri hluta rannsóknartímabilsins, en rúmlega 20 °C í lok ágúst og byrjun september. Að jafnaði var yfirborðshitinn um 10 °C lægri en jarðvegshitinn á svæði 1. Á svæðum 2 og 3, við borholu 2, var yfirborðshitinn um eða lítið eitt yfir 20 °C, hvort heldur var við yfirborð eða í jarðvegi.



11. mynd. Jarðvegshiti við fallgildirur á fimm sýnatökusvæðum í Sleggjubeinsskarði, júlí-september 2001. Sýnd eru meðaltöl þriggja mælinga auk staðalfrávik meðaltala.

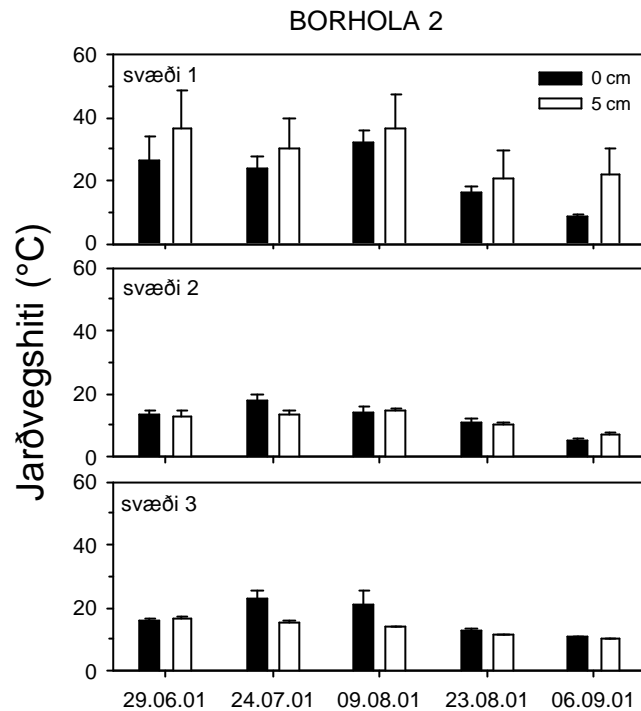


12. mynd. Jarðvegshiti við fallgildirur á þremur sýnatökusvæðum í Hellisskarði, júlí-september 2001. Súlurnar sýna meðaltöl þriggja mælinga innan hvers svæðis auk staðalfrávika meðaltala.



13. mynd. Jarðvegshiti við fallgildirur á tveimur sýnatökusvæðum við borholu 1, austan við Stóra Reykjafell, júlí-september 2001. Súlurnar sýna meðaltöl þriggja mælinga innan hvers svæðis auk staðalfrávika meðaltala.





14. mynd. Jarðvegshiti við fallgildirur á þremur sýnatökusvæðum við borholu 2 sunnan Skarðsmýrarfjalls, júlí-september 2001. Súlurnar sýna meðaltöl þriggja mælinga innan hvers svæðis auk staðalfrávika meðaltala.

### *Smádýralíf*

#### **Sleggjubeinsskarð**

Töluverður munur var á heildarfjölda veiddra smádýra á milli búsvæða í skarðinu (15. mynd). Mest veiddist af smádýrum á svæði 5, sem var í grasbala, en minnst á svæði 1 sem var heitara hverasvæðið í Sleggjubeinsskarði. Um það bil tuttugu faldur munur var á afla milli þessara tveggja svæða (2. tafla og 15. mynd). Á svæðum 2, 3 og 4 var ekki eins mikill munur á heildarafra smádýra og var á milli svæða 1 og 5. Nokkur munur var á heildarfjölda smádýra sem veiddust á hverasvæðunum (svæði 1 og 3). Sennilegt er að þessi munur stafi af miklum hitamun á milli svæðanna, jarðhitinn var staðbundnari og lægri á svæði 3 en á svæði 1. Þessi tvö svæði sýndu þó svipað mynstur í hlutfalli milli mismunandi smádýrahópa, þar sem bjöllur voru flestar, en langfætlur og tvívængjur voru stærstu hóparnir þar á eftir (15. mynd). Á hinum svæðunum voru langfætur hlutfallslega algengastar. Svæði 4, sem var mosagróið, var

ólíkt hinum svæðunum með lágu hlutfalli bjallna. Smádýralíf á svæðum 2 og 5 einkenndist af hærra hlutfalli dýra, sem hér voru flokkuð sem „annað“, sem eru önnur smádýr en bjöllur, tvívængjur eða áttfætlur. Á báðum svæðunum (2 og 5) var hlutur skortítina um tveir þriðju af fjölda smádýra og æðvængjur um þriðjungur (2. tafla). Skortítur og æðvængjur komu einnig fyrir á hinum svæðunum, en í mun minna mæli. Mest af smádýrum veiddist fyrst eftir að gildrunum var komið fyrir. Er líða tók á sumarið dróst aflinn saman (15. mynd). Þetta var sérstaklega áberandi hvað bjöllurnar varðar, en fjöldi langfætlna jókst er líða tók á sumarið. Alls voru greindar 11 bjöllutegundir af öllum svæðunum og 16 tegundir köngulóa, aðeins við borholu 2 voru fleiri bjöllutegundir greindar, en enginn staður hafði fleiri köngulóategundir í þessari könnun. Fjöldi bjöllutegunda var mjög breytilegur milli svæða eða 2 – 9 tegundir. Sama má segja um köngulærnar, þær voru 1 - 11 tegundir eftir svæðum (3. tafla). Fjölbreytileiki bjallna var mestur í grasinu (SLE-5) og heldur minni fjölbreytileiki var í mosanum (SLE-4). Þrátt fyrir að margar bjöllur hafi veiðst á svæði 3, var fjölbreytileikinn minnstur þar af svæðunum fimm í Sleggjubeinsskarði. Skýringin á því er að aflinn saman stóð aðallega af einni bjöllutegund, járnsmið (*Nebria glyllenhali*). Meðal köngulóa var gott samræmi milli fjölda tegunda og fjölbreytileikastuðulsins (16. mynd). Tegundafjölbreytileiki köngulóa var mestur í grasinu (SLE-5) og mosanum (SLE-4). Á gróðursnauðu stöðvunum (1, 2 og 3) voru fáar bjöllu- og köngulóategundir, eins og sést á lágum fjölbreytileikastuðli. Á öllum svæðunum veiddist hlutfallslega mikið af öðrum hópum/tegundum en bjöllum og köngulóm. Var fjölbreytileikinn áþekkur á milli svæða, nema á SLE-5, þar sem hann var mun hærri en annarsstaðar. Smádýralífið í Sleggjubeinsskarði endurspegladi nokkuð vel þau búsvæði sem skoðuð voru. Járnsmiður (*N. glyllenhali*) var algengastur í Sleggjubeinsskarði af þeim stöðum sem skoðaðir voru, sérstaklega á svæði 3. Kjörsvæði járnsmiðs er einkum þar sem er jarðvegur er sendinn og gróður gisinn, líkt og sást á svæði 3. Járnsmiður er algengur um allt land í ýmsum gróðurlendum og hefur líka fundist víða á hálendinu (Erling Ólafsson 2000). Í grasinu (SLE-5) voru fjallasmiðir (*Patrobis septentrionis*) og kragasmiðir (*Calathus melanocephalus*) helstu bjöllutegundirnar. Þeir eru líka mjög algengar tegundir, sem finnast um allt land. Kragasmiður er gjarnan í hverskyns þurrlandi, einkum í grasi, en fjallasmiður kýs frekar raklandi sem kjörbúsvæði, eins og mýrar og við vatns- og lækjarbakka

(Erling Ólafsson 2000). Jötunuxar veiddust nær eingöngu í graslendinu á svæði 5. Fimm tegundir jötunuxa voru greindar þaðan, þar af voru þrjár tegundir nokkuð algengar. Margar köngulóategundir komu í gildrurnar í Sleggjubeinsskarði. Nokkrar þeirra hafa helst fundist áður á hálendinu, má þar nefna kembuló (*Collinsia holmgreni*), heiðakönguló (*Arctosa alpigena*), ljósaló (*Islandiana princeps*) og melaló (*Mecynargus borealis*). Þær tvær síðast nefndu eru nokkuð sjaldgæfar tegundir hér á landi. Melaló hefur hingað til aðeins fundist norðan jökla, á hálendi (200-800 m hæð) (Ingi Agnarsson 1996). Melalóin fannst á stöðvum 4 og 5 í Sleggjubeinsskarði. Utan Sleggjubeinsskarðs kom melalóin í gildrur á svæði 2 við borholu 1 (BH1-2) og á svæði 2 við borholu 2 (BH2-2). Ein ljósaló fannst á svæði 5 í Sleggjubeinsskarði. Ljósaló er sjaldséð, þó er hún ekki talin eins sjaldgæf og melalóin. Þar sem tegundin finnst, er hún sjaldnast í miklum fjölda og meiri líkur eru á að finna hana á hálendi (300-700 m hæð) en láglandi (Ingi Agnarsson 1996). Tegundasamsetning smádýra á hverasvæðunum (SLE-1 og SLE-3) var mjög fábreytt og engar tegundir sem einkenndu þau sérstaklega. Á heitara hverasvæðinu veiddist minnst af smádýrum af öllum svæðunum í Sleggjubeinsskarði sem og annarra staða sem könnunin náði til. Svæði 2 og 3 einkenndust af samskonar fánunni, með ráðandi smádýrahópum sem sækja í gróðursnaud bersvæði. Tíðni tegunda og fjölbreytni svæðanna var áþekkt, þrátt fyrir að annað svæðið væri með jarðhita en hitt ekki.

### **Hellisskarði**

Lítill sem enginn munur var á heildarfjölda veiddra smádýra á milli svæða 1 og 2, en á svæði 3 var fjöldinn lítið eitt meiri (17. mynd). Á gróðurminnsta svæðinu (svæði 1) var hæsta hlutfall langfætlna og köngulóa af svæðunum þremur. Bjöllur voru hlutfallslega algengari á svæði 3 en 2 og var hlutfall smádýra sem falla undir „annað“, hærra á þessum svæðum en var á svæði 1. Innan þessa hóps voru það einkum æðvængjur sem fundust á svæði 1, en bæði æðvængjur og skortítur á svæðum 2 og 3 (2. tafla). Hlutfall mismunandi hópa smádýra breyttist í takt við það sem sást á hinum stöðunum, bjöllur voru meira áberandi í aflanum fyrri hluta rannsóknartímabilsins en langfætlur er líða tók á sumarið (17. mynd). Köngulær voru mest áberandi um miðjan ágúst á öllum svæðunum í Hellisskarði. Í heild var smádýralífið fjölbreytt í Hellisskarði, en tiltölulega lítill munur var á milli svæða í fjölda tegunda, 7 – 9

bjöllutegundir og 5 – 7 köngulóategundir. Á gróðurryrasta svæðinu, HSK-1, var fjölbreytileiki smádyra minnstur, en var þó álíka mikill og það svæði sem var með mesta fjölbreytni í Sleggjubeinsskarði. Hátt hlutfall og fjöldi mismunandi tegunda úr öðrum hópum en bjöllum og köngulóm er megin ástæða þessa mikla fjölbreytileika. Fjölbreytileiki bjallna á gróðurminni svæðunum í Hellisskarði (HSK-1 og HSK-2) var nokkuð hár. Í grasinu (HSK-3) var fjölbreytileikinn hins vegar lágur, þó að heildarfjöldi veiddra bjallna hafi verið um það bil tvöfaldur á við hin svæðin. Þó að veiðst hafi margir einstaklingar af köngulóm í Hellisskarði, var fjölbreytileiki þeirra lægri en á flestum öðrum svæðum, sem skýrist af því hve fáar, og þá ráðandi, tegundir fundust. Smádyrasamfélög í Hellisskarði einkenndust af bjöllu- og köngulóategundum, sem jafnan finnast á gróðurryrum og þurrum svæðum.

Gullsmiðir (*Amara quenseli*), silakeppir (*Otiorrhynchus arcticus*) og smellibjöllur (*Hypnoidus riparius*) voru mun algengari í Hellisskarði en á hinum stöðunum (SLE, BH1 og BH2). Þetta eru allt algengar bjöllutegundir, sem finna má víða um land. Gullsmiðir og silakeppir finnast þó einkum á bersvæðum og rýrum búsvæðum (María Ingimarsdóttir 2000, Erling Ólafsson 2000). Smádyrasamfélög á grassvæðinu í Hellisskarði (HSK-3) bar svip af samfélögum sem einkenna svæði með gróskumeiri gróðri. Á þessu svæði fundust fleiri jötunuxar, kragasmiðir (*C. melanocephalus*) og fjallasmiðir (*P. septentrionis*) en á hinum tveimur svæðunum í Hellisskarði (HSK-1 og HSK-2), en færri gullsmiðir og smellibjöllur. Í Hellisskarði fundust fimmtán tegundir köngulóa, eða næstum eins margar og í Sleggjubeinsskarði, en hafa verður í huga að þar var safnað úr fleiri búsvæðagerðum. Hnoðakönguló (*Pardosa palustris*) var ríkjandi tegund í Hellisskarði, hún var langalgengust á svæði 2 og 3 (HSK-2 og HSK-3). Á efsta og gróðurminnsta svæðinu, HSK-1, fannst svarðló (*Tiso aestivus*) í ívið meiri fjölda en hnoðakönguló. Hnoðakönguló er algengasta köngulóategundin hér á landi, hún þrífst í margs háttar búsvæðum, en finnst í mestu magni í þurrum mómum (Ingi Agnarsson 1996). Svarðlóin, sem veiddist aðallega á svæði 1, er nokkuð algeng tegund, sem finnst einkum á bersvæðum og melum (Ingi Agnarsson 1996) og á því vel heima á HSK-1.



### **Borhola 1, austan við Stóra Reykjafell**

Helmingi fleiri dýr veiddust á svæði 1 en svæði 2 (18. mynd). Í graslendinu á svæði 1, var hlutfall bjallna mun hærra en í mosanum á svæði 2, en þar voru langfætur, köngulær og tvívængjur hlutfallslega algengari. Langfætulum fjölgaði er leið á sumarið en hlutfall tvívængja í aflanum var breytilegt, lægst um miðjan ágúst. Bjöllum fækkaði á báðum svæðum eftir því sem leið á sumarið (18. mynd). Þó meira hafi fundist af bjöllum í graslendinu, alls 9 tegundir en 6 tegundir í mosanum, var fjölbreytileikinn lægri í grasinu, vegna þess hve ríkjandi kragasmiðir (*C. melanocephalus*), fjallasmiðir (*P. septentrionis*) og jötunuxategundin *Atheta graminicola* voru á svæðinu (3. tafla og 16. mynd). Fjölbreytileiki köngulóa var meiri á svæði 1 en 2. Á svæði 1 voru greindar 8 tegundir köngulóa, en 5 tegundir á svæði 2 (3. tafla). Jötunuxar fundust næstum eingöngu á svæði 1. *A. graminicola* var algengust af fjórum tegundum jötunuxa er komu í gildrur á svæði 1 og eitt eintak veiddist á svæði 2, sem var jafnframt eini jötunuxinn sem veiddist í mosanum. *A. graminicola* er algeng tegund, bæði á lág- og hálendi, um land allt og hefur kjörlendi í graslendi ýmiskonar, gjarna þar sem raki er í jarðvegi (Erling Ólafsson 2000). Hin algenga hnoðakönguló (*P. palustris*) var ríkjandi á svæði 2, en á svæði 1 var meira af móaló (*Mecynargus morulus*). Móalóin er algeng tegund um land allt og finnst oftast á hálendi en á láglandi. Hún er einkum þar sem þurr er, svo sem á melum, grasmóum og heiðum (Ingi Agnarsson 1996). Tegundin kom fyrir á öllum gras- og mosapembu-búsvæðunum sem safnað var af í þessari könnun (3. og 4. tafla).

### **Borhola 2, sunnan við Skarðsmýrarfjall**

Mikill munur var á milli svæða í fjölda smádyra sem veiddust (19. mynd). Í gras- og lyngbrekkunni á svæði 3 (BH2-3) var mest umferð smádyra, sem skilaði sér í rúmlega helmingi meiri afla en á svæði 2 og um sex sinnum meiri afla en fékkst á svæði 1. Langfætlur og köngulær voru stærsti hluti aflans á svæði 1 og 2, en bjöllur fremur fátíðar. Bjöllur voru hinsvegar algengari á svæði 3. Önnur skordýr s.s. skortítur voru í svipuðu magni á svæði 2 og 3, en æðvængjur voru mun algengari á svæði 3 en 2 (2. tafla). Yfir söfnunartímamann sást sama mynstur á öllum svæðum hvað varðaði langfætlur, lægð kom fram í afla þeirra í kringum mánaðamótin júlí-ágúst en magn þeirra jókst síðan aftur. Bjöllum og tvívængjum fækkaði er líða tók á sumarið á öllum svæðunum 19. mynd). Við borholu 2 voru í heild greindar þrettán tegundir bjallna (3.

tafla). Á svæði 3 veiddust flestar þeirra af öllum þeim svæðum sem safnað var af (11 tegundir). Á svæði 1 og 2 voru mun færri bjöllutegundir (4 og 5 tegundir).

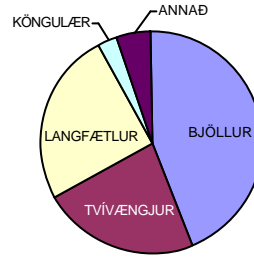
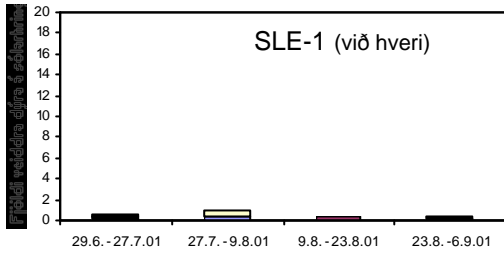
Köngulóategundirnar voru hins vegar fæstar í heild miðað við hina staðina (SLE, HSK og BH1), níu tegundir komu í gildrunar, 2-5 tegundir frá hverju svæði.

Fjölbreytileiki bjöllusamfélaga var mikill á öllum þremur svæðunum miðað við sambærileg búsvæði á hinum stöðunum sem könnunin náði til (16. mynd). Þessu var hins vegar öfugt farið með köngulærnar, fjölbreytileiki þeirra var í lægra lagi, þar sem ein tegund var ríkjandi á hverju svæði. Bjöllurnar sem einkenna svæðin eru þurrlandis tegundir. Glitsmiður (*Notiophilus biguttatus*) fannst eingöngu við borholu 2. Hann er algeng tegund á láglendi, sem kýs helst opin gróðurlendi með gisnum gróðri og sendnum grýttum jarðvegi (Erling Ólafsson 2000). Gullsmiðir (*A. quenseli*) er berangurstegund sem veiddist aðeins við borholu 2 á svæði 1 og 3 og í Hellisskarði (3. tafla). Mest veiddist af hnoðakönguló (*P. palustris*) í grasinu (BH2-3). Í mosanum var finuló (*Walckenaera clavicornis*) algengust, auk mólalóar (*M. morulus*) (3. og 4. tafla). Finuló er algeng tegund sem finnst um allt land, í margskonar búsvæðum, þurrum og rökum (Ingi Agnarsson 1996). Á hverasvæðinu við svæði 1 (BH2-1) var nóraló (*Maro minutus*) algengari af þeim tveimur köngulóartegundum sem fundust á svæðinu (3. tafla). Nóraló fannst einungis á einu öðru svæði í rannsókninni, það var í Hellisskarði (HSK-1). Þetta er fremur sjaldgæf tegund sem aðeins hefur hingað til fundist á láglendi sunnanlands. Þar er tegundin einkum í þéttum mosa eða þar sem jurtaleafar eru á jörðu (Ingi Agnarsson 1996). Fundarstaðir nóralóar í rannsókn okkar teljast því tæplega til kjörsvæða hennar, þar sem bæði svæðin eru mjög gróðursnauð, en þó sérstakleg BH2-1. Allar tegundirnar sem fundust við borholu 2 teljast frekar til láglendistegunda nema melalóin (*M. borealis*), sem áður hefur verið fjallað um.

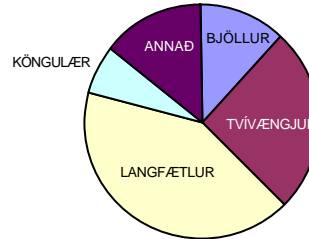
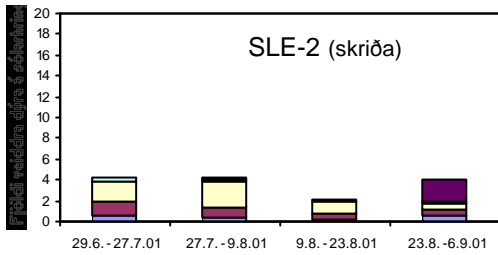
2.tafla. Heildarfjöldi veiddra dýra í þrjár fallgildirur á hverju svæði sem safnað var af, á Hellsheiði sumarið 2001.

Svæði	Fjöldi söfnunardaga	ANNAD:								
		Bjöllur	Tvívængjur	Kóngulær	Langfætlur	Æðvængjur	Skortítur	Fiðrildi	Sniglar	Ánar
<b>SLE-1</b>	69	17	9	2	11	1	1	0	0	0
<b>SLE-2</b>	69	31	67	17	108	10	27	0	1	0
<b>SLE-3</b>	69	129	49	12	102	4	9	1	0	0
<b>SLE-4</b>	69	12	35	33	140	4	16	3	0	0
<b>SLE-5</b>	69	185	208	66	224	38	114	2	3	0
<b>HSK-1</b>	66	120	45	107	165	26	4	1	0	0
<b>HSK-2</b>	66	93	76	97	89	70	22	7	0	0
<b>HSK-3</b>	66	184	80	83	85	88	76	3	3	0
<b>BH1-1</b>	65	266	286	44	276	22	25	1	0	0
<b>BH1-2</b>	65	26	149	50	169	2	5	1	0	1
<b>BH2-1</b>	69	8	11	16	51	2	1	1	0	0
<b>BH2-2</b>	69	9	56	25	139	4	15	1	0	0
<b>BH2-3</b>	69	81	136	40	263	72	12	2	4	1

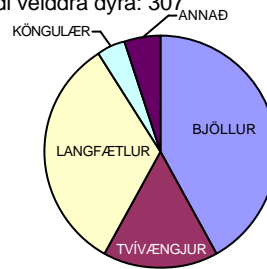
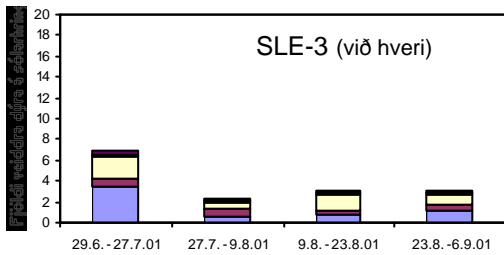
Heildarfjöldi veiddra dýra: 39



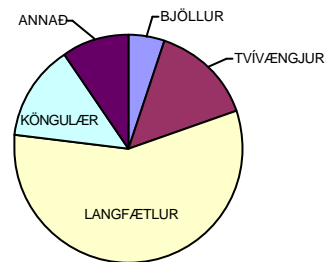
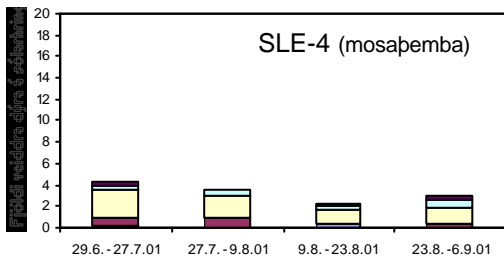
Heildarfjöldi veiddra dýra: 261



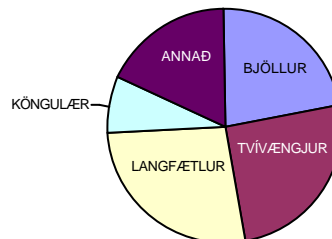
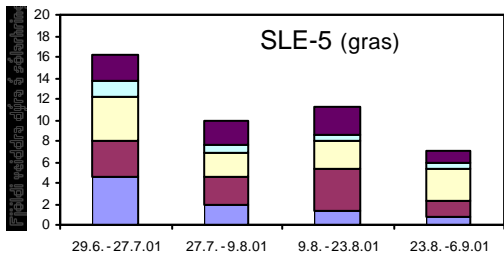
Heildarfjöldi veiddra dýra: 307



Heildarfjöldi veiddra dýra: 243

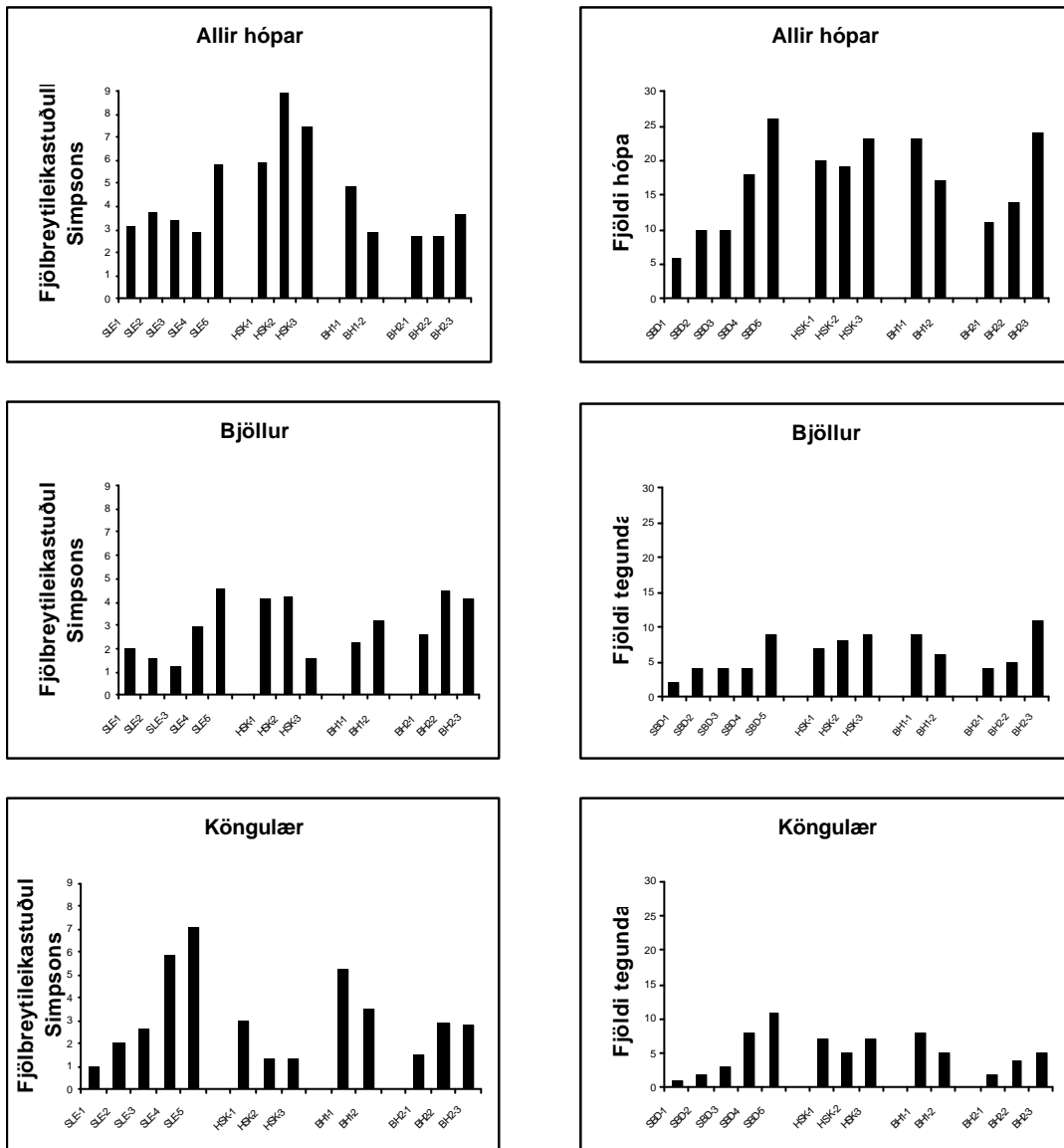


Heildarfjöldi veiddra dýra: 836



15. mynd. Magn og hlutfall smádyrahópa sem veidd voru í þrjár fallgildirur á fimm svæðum í Sleggjubeinskarði sumarið 2001. Súluritin til vinstri á myndinni sýna fjölda dýra veidd á sólarhring á mismunandi tímum. Skífuritin til hægri sýna hlutfall mismunandi hópa í heildarafla hvers svæðis

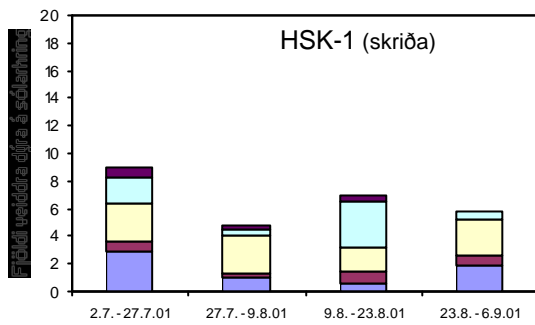




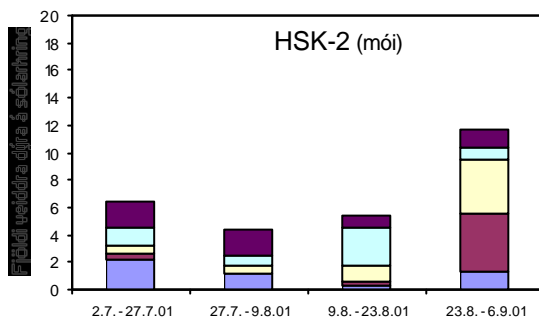
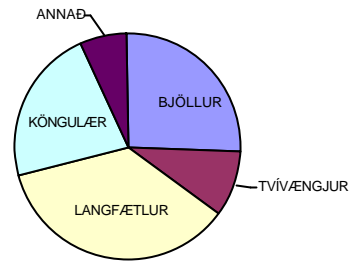
16. mynd. Fjölbreytileiki allra smádyra, bjallna og köngulóa á öllum rannsóknarsvæðunum á Hellsisheiði sumarið 2001. Súluritin til vinstri sýna fjölbreytileikastuðla Simpsons (þar er tekið tillit til hlutfallslegs fjölda hvernar tegunda) og súluritin til hægri sýna fjölda tegunda sem fundust á hverju svæði.

3. tafla. Fjöldi smádyra (hópa og tegunda) úr tveimur af þremur fallgildrum, frá hverju svæði sem safnað var af á Hellisheiði sumarið 2001. Ofarlega í töflunni eru gefnar upplýsingar um búsvæðagerð hvers svæðis; H: hver, L: gróðurlítið, M: mosi, G: gras.

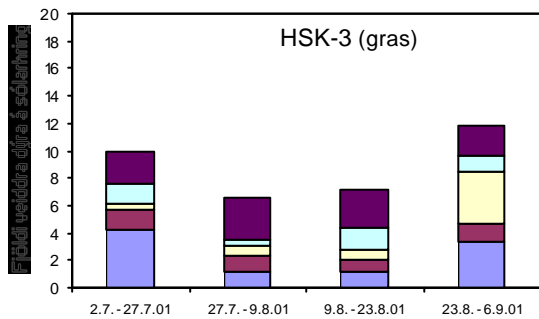
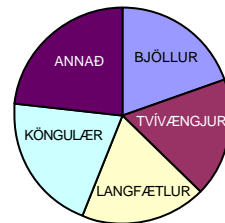
Svæðir	SLE-1	SLE-2	SLE-3	SLE-4	SLE-5	HSK-1	HSK-2	HSK-3	BH1-1	BH1-2	BH2-1	BH2-2	BH2-3
Búsvæði	H	L	H	M	G	L	L	G	G	M	H	M	G
Fjöldi söfnunardaga	69	69	69	69	69	66	66	66	65	65	69	69	69
<b>LEPIDOPTERA – fiðrildi</b>				2	2	3	5	4	1	1	1	1	1
<b>COLEOPTERA – bjöllur</b>													
<b>CARABIDAE – smiðir</b>													
<i>Nebria glynnhalii</i> - járnsmiður	1	15	88	4	17	15	2	1	1	2	1	1	2
<i>Notiophilus biguttatus</i> - glitsmiður													4
<i>Patrobus septentrionis</i> - fjallasmíður		2	1	2	39		1	10	39	7		1	5
<i>Calathus melanocephalus</i> - kragasmíður		1	6		18	16	24	93	121	9	1		22
<i>Amara quenseli</i> - gullsmíður						23	12	1			4		4
<b>STAPHYLINIDAE - uxar</b>													
<i>Quedius boops</i>							1	3			1		1
<i>Quedius fulvicollis</i>					11				4			1	5
<i>Lesteva longelytrata</i>					1								
<i>Atheta atramentaria</i>									1				
<i>Atheta graminicola</i>					10				25	1			1
<i>Atheta islandica</i>				1	6	1		4	3			1	
<i>Oxygaster islandica</i>								2					1
<i>Oxygaster soror</i>		1			1	1	3						
<b>ELATERIDAE</b>													
<i>Hypnoidus riparius</i> - smelliðjalla			1		2	3	14	1					3
<b>CHRYSOMELIDAE - laufbjöllur</b>													
<i>Phratora polaris</i> - víðbjalla				1					1	1		2	
<b>CURCULIONIDAE - ranabjöllur</b>													
<i>Otiorhynchus arcticus</i> - silakeppur	1					8	7	4		1			1
<i>Otiorhynchus nodosus</i> - letikeppur									1				
<b>DIPTERA - tvívængjur</b>	7	41	36	23	151	36	62	50	127	42	7	44	93
<b>HYMENOPTERA - æðvængjur</b>	1	9		3	28	18	52	59	16		2	3	51
<b>HEMIPTERA - skortítur</b>													
<b>APHIDIDAE - blaðlús</b>		21	6	1	36	2	7	32	14	1	1		8
<b>ORTHEZIIDAE - <i>Arctothezia cataphracta</i></b>				8	59	1	9	20	6	2		4	1
<b>ARANEAE - köngulær</b>													
<b>GNAPHOSIDAE - hagaköngulær</b>													
<i>Haplodrassus signifer</i> - hagakönguló								1					
<b>LYCOSIDAE - hnoðaköngulær</b>													
<i>Pardosa palustris</i> - hnoðakönguló	1		3	2	6	13	31	50	3	6			7
<i>Pardosa sphagnicola</i> - mýrakönguló								1					
<i>Arctosa alpigena</i> - heiðakönguló					1			2					
<b>LINYPHIIDAE - voðköngulær, dordinglar</b>													
<i>Ceratinella brevipes</i> - hnyðjuló								1					
<i>Walckenaera clavicornis</i> - finuló				2	1	1	1		3	2		8	1
<i>Walckenaera nudipalpis</i> - brekkuló						1			1				
<i>Gonatum rubens</i> - roðaló				2									
<i>Tiso aestivus</i> - svarðló		1				15	1						
<i>Scotinotylus evansi</i> - holtaló							1						
<i>Mecynargus borealis</i> - melaló				1	1					2			
<i>Mecynargus morulus</i> - móaló				5	4			2	7	2		4	1
<i>Collinsia holmgreni</i> - kembuló		1			1								
<i>Erigone</i> sp.									1				
<i>Latithorax faustus</i> - auðnuló					4				1				
<i>Islandiana princeps</i> - ljósaló					1								
<i>Leptorhoptrum robustum</i> - skurðaló				1									3
<i>Hilaira frigida</i> - hæruló				2	2								
<i>Porrhomma convexum</i> - brekaló			1	1		1							
<i>Porrhomma hebescens</i> - sytruló								1					
<i>Agyreta nigripes</i> - urðaló			2			3							
<i>Agyreta similis</i> - mosaló					1								
<i>Maro minutus</i> - nóraló						1					4		
<i>Lepthyphantes complicatus</i> - ranaló								1		1		2	
<i>Lepthyphantes mengei</i> - randaló					2				2		1		
<i>Lepthyphantes zimmermanni</i> - flákaló									1				
<i>Allomengea scopigera</i> - burstaló													1
Ógreint ungvíði		7	3	8	7	52	39	7	3	5	7	2	11
<b>OPILIONES - langfætlur</b>	3	76	59	91	155	130	65	60	168	94	43	90	194
<b>OLIGOCHAETA - ánar</b>										1			1
<b>GASTROPODA - sniglar</b>								2					2
<b>SAMTALS</b>													
<b>Heildaraffli gildru 1 og 2</b>	<b>14</b>	<b>175</b>	<b>206</b>	<b>158</b>	<b>565</b>	<b>341</b>	<b>334</b>	<b>404</b>	<b>549</b>	<b>179</b>	<b>72</b>	<b>165</b>	<b>421</b>
Þar af:													
<b>Bjöllur</b>	2	19	96	8	105	67	64	119	196	21	7	6	49
<b>Köngulær</b>	1	9	9	24	31	87	75	64	22	18	12	18	24
<b>Annað en bjöllur og köngulær</b>	11	147	101	126	429	187	195	221	331	140	53	141	348
<b>Heildarfjöldi flokka</b>	6	10	10	18	26	20	19	23	23	17	11	14	24
Þar af:													
<b>Fjöldi bjöllutegunda</b>	2	4	4	4	9	7	8	9	9	6	4	5	11
<b>Fjöldi könguláttegunda</b>	1	2	3	8	11	7	5	7	8	5	2	4	5
<b>Áðrir flokkar en bjöllur og köngulær</b>	3	4	3	6	6	6	6	7	6	6	5	5	8



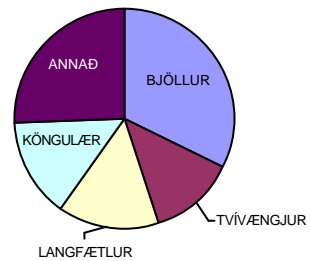
Heildarfjöldi veiddra dýra: 467



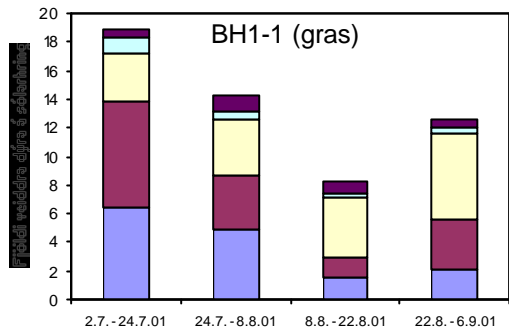
Heildarfjöldi veiddra dýra: 474



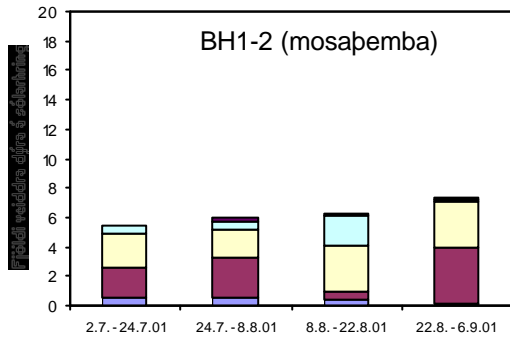
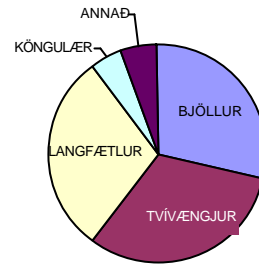
Heildarfjöldi veiddra dýra: 572



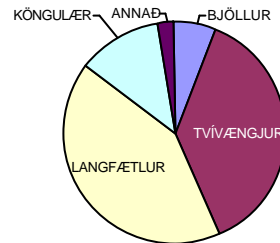
17. mynd. Magn og hlutfall smádýrahópa sem veidd voru í þrjár fallgildirur á þremur svæðum í Hellisskarði sumarið 2001. Súluritin til vinstri á myndinni sýna fjölda dýra veidd á sólarhring á mismunandi tímum. Skífuritin til hægri sýna hlutfall mismunandi hópa í heildarafla hvers svæðis.



Heildarfjöldi veiddra dýra: 920



Heildarfjöldi veiddra dýra: 403

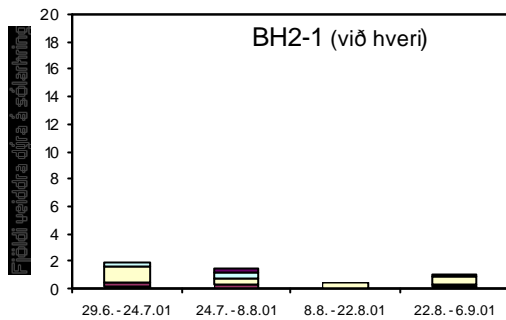


18. mynd. Magn og hlutfall smádýrahópa sem veidd voru í þrjár fallgildirur á tveimur svæðum við borholu 1, við Stóra Reykjafell, sumarið 2001. Súluritinn til vinstri á myndinni sýna fjölda dýra veidd á sólarhring á mismunandi tímum. Skífuritinn til hægri sýna hlutfall mismunandi hópa í heildarafla hvers svæðis.

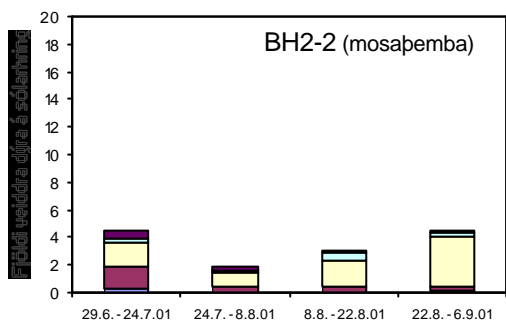
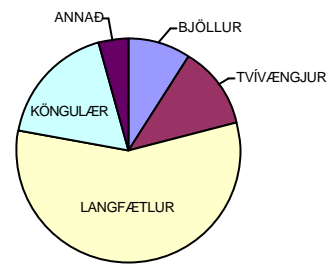


4. tafla. Útbreiðsla einstakra tegunda með tilliti til mismunandi búsvæðagerða.

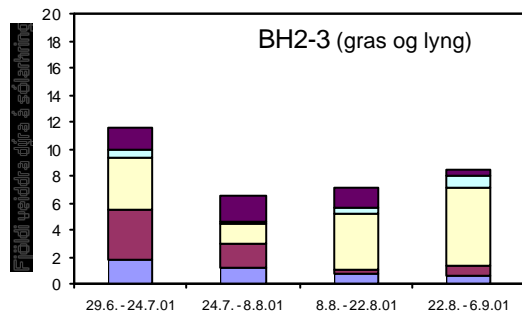
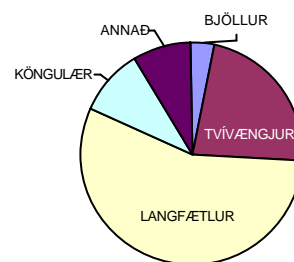
	Graslendi	Mosapemba	Gróðurlítið	Við hverfi
	SLE-5 HSK-3 BH1-1 BH2-3	SLE-4 BH1-2 BH2-2	SLE-2 HSK-1 HSK-2	SLE-1 SLE-3 BH2-1
<b>LEPIDOPTERA - fjörlídi</b>	+	+	+	+
<b>COLEOPTERA - bjöllur</b>				
CARABIDAE - smiðir				
<i>Nebria glyltenhali</i> - járnsmiður	+	+	+	+
<i>Notiophilus biguttatus</i> - glitsmiður	+			
<i>Patrobus septentrionis</i> - fjallasmiður	+		+	+
<i>Calathus melanocephalus</i> - kragasmiður	+	+	+	+
<i>Amara quenseli</i> - gullsmiður	+		+	+
STAPHYLINIDAE - uxar				
<i>Quedius boops</i>	+		+	+
<i>Quedius fulvicollis</i>	+	+		
<i>Lesteva longelytrata</i>	+			
<i>Atheta atramentaria</i>	+			
<i>Atheta graminicola</i>	+	+		
<i>Atheta islandica</i>	+	+	+	
<i>Oxypoda islandica</i>	+			
<i>Oxypoda soror</i>	+		+	
ELATERIDAE				
<i>Hypnoidus riparius</i> - smellibjalla	+		+	+
CHRYSOMELIDAE - laufbjöllur				
<i>Phratora polaris</i> - víðibjalla	+	+		
CURCULIONIDAE - ranabjöllur				
<i>Otiorhynchus arcticus</i> - silakeppur	+	+	+	+
<i>Otiorhynchus nodosus</i> - letikeppur	+			
<b>DIPTERA - tvívængjur</b>	+	+	+	+
<b>HYMENOPTERA - æðvængjur</b>	+	+	+	+
<b>HEMIPTERA - skortítur</b>				
APHIDIDAE - blaðlús	+	+	+	+
ORTHEZIIDAE - <i>Arctorthezia cataphracta</i>	+	+	+	
<b>ARANEAE - köngulær</b>				
GNAPHOSIDAE - hagaköngulær				
<i>Haplodrassus signifer</i> - hagakönguló	+			
LYCOSIDAE- hnoðaköngulær				
<i>Pardosa palustris</i> - hnoðakönguló	+	+	+	+
<i>Pardosa sphagnicola</i> - mýrakönguló	+			
<i>Arctosa alpigena</i> - heiðakönguló	+		+	
LINYPHIIDAE- voðköngulær, doringlar				
<i>Ceratinella brevipes</i> - hnyðjuló	+			
<i>Walckenaera clavicornis</i> - finuló	+	+	+	
<i>Walckenaera nudipalpis</i> - brekkuló	+		+	
<i>Gonatium rubens</i> - roðaló		+		
<i>Tiso aestivus</i> - svaróló			+	
<i>Scotinotylus evansi</i> - hotaló			+	
<i>Mecynargus borealis</i> - melaló	+	+		
<i>Mecynargus morulus</i> - motaló	+	+		
<i>Collinsia holmgreni</i> - kembuló	+		+	
<i>Erigonesp.</i>	+			
<i>Latithorax faustus</i> - auðnuló	+			
<i>Islandiana princeps</i> - ljósaló	+			
<i>Leptorhoptrum robustum</i> - skurðaló	+	+		
<i>Hilaira frigida</i> - hæruló	+	+		
<i>Porrhomma convexum</i> - brekaló		+	+	+
<i>Porrhomma hebescens</i> - sytruló	+			
<i>Agyneta nigripes</i> - urðaló			+	+
<i>Agyneta similis</i> - mosaló	+			
<i>Maro minutus</i> - nóraló			+	+
<i>Lepthyphantes complicatus</i> - ranaló	+	+		
<i>Lepthyphantes mengei</i> - randaló	+			+
<i>Lepthyphantes zimmermanni</i> - flákaló	+			
<i>Allomengea scopigera</i> - burstaló	+			
Ógreint ungvíði	+	+	+	+
<b>OPILIONES - langfætlur</b>	+	+	+	+
<b>OLIGOCHAETA - ánar</b>	+	+		
<b>GASTROPODA - sniglar</b>	+			
<b>Heildarfjöldi hópa</b>	<b>46</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>17</b>
Hópur kemur fyrir á 4 svæðum	11			
Hópur kemur fyrir á 3 svæðum	5	10	8	3
Hópur kemur fyrir á 2 svæðum	7	5	8	4
Hópur kemur fyrir á 1 svæði	23	9	9	10



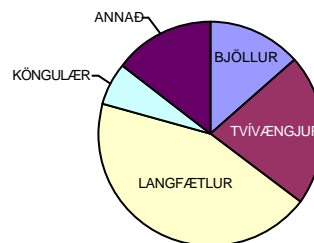
Heildarfjöldi veiddra dýra: 90



Heildarfjöldi veiddra dýra: 250



Heildarfjöldi veiddra dýra: 594



19. mynd. Magn og hlutfall smádýrahópa sem veidd voru í þrjár fallgildirur á þremur svæðum við borholu 2, við Skarðsmýrarfjall, sumarið 2001. Súluritinn til vinstri á myndinni sýna fjölda dýra veidd á sólarhring á mismunandi tímum. Skífuritinn til hægri sýna hlutfall mismunandi hópa í heildarafla hvers svæðis.

## Samantekt og ályktanir

Sjáanleg ummerki jarðhita voru á svæðum 1 og 3 í Sleggjubeinsskarði og á svæði 1 við borholu 2. Mestur hiti var við gildrurnar í Sleggjubeinsskarði á svæði 1 (SLE-1), en á svæði 3 (SLE-3) mældist hitinn litlu hærri en á „köldu“svæðunum í kring (11.-14. mynd). Á svæði 1, við borholu 2, var hitinn töluverður í sverðinum og á 5 cm dýpi. Heitu svæðin (BH2-1 og SLE-1) eiga sameiginlegt að vera með mjög lágan heildarafla smádyra, með fáar tegundir og minnsta fjölbreytileikann (3. tafla og 16. mynd). Af 17 tegundum/hópum sem fundust við hverasvæðin voru 10 sem komu aðeins fyrir á einum stað af þremur (4. tafla). Köldu gróðursnaudu svæðin (HSK-1, HSK-2 og SLE-2) voru lík mosasvæðum (SLE-4, BH1-2 og BH2-2) að því leyti að þar var hátt hlutfall af köngulóm og langfætlum. Smádyrasamfélög þar voru að öðru leyti ólík á milli staða (HSK og SLE). Mosasvæðin líktust mest hvert öðru, þegar samskonar búsvæði á mismunandi stöðum eru borin saman í fjölda og hlutföllum smádyrahópa. Á mosasvæðunum voru langfætlur og köngulær um tveir þriðju hlutar heildaraflans. Fæstar bjöllutegundir fundust á þessum svæðum af þeim búsvæðum sem borin voru saman (4. tafla). Grassvæðin voru með mesta heildarafla smádyra á hverjum stað (SLE-5, HSK-5, BH1-3 og BH2-1) og þar fundust jötunuxar í mestum mæli. Ef á heildina er litið voru grassvæðin með mestan fjölbreytileika smádyra.

Smádyralíf er allfjölbreytilegt á Hellisheiði. Flokkun smádyrasamfélaga eftir búsvæðagerðum, líkt og gert var í þessari könnun, gefur nokkra hugmynd um dreifingu mismunandi hópa, þrátt fyrir að vera allgróf. Þessi flokkun skýrir þó ekki til fulls mun milli einstakra staða, í því sambandi verður að taka mið af öðrum mótandi umhverfisþáttum svo sem jarðvegsgerð, landslagi, hæð yfir sjávarmáli, raka og hitastigi. Af þeim stöðum sem rannsakaðir voru á Hellisheiði er verndargildi svæðanna í Sleggjubeinsskarði mest, vegna þess hve búsvæðin þar eru fjölbreytt og vegna þess að þar fundust tegundir sem eru sjaldfundnar á Íslandi. Líkleg áhrif mannvirkjaframkvæmda á smádyrafánuna felast einkum í beinum áhrifum sem hljótast af jarðraski, breytingum á gróðursamfélögum og óbeinum áhrifum er felast í breytingum á virkni jarðhita. Tillögur um vöktun smádyra beinast einkum að svæðunum í Sleggjubeinsskarði og e.t.v. Hellisskarði, en þar fundust gróskumikil bjöllu- og köngulóarsamfélög.

## **Þakkir**

Auk höfundu komu Eyrún Nanna Einarsdóttir, María Ingimarsdóttir, Sesselja G. Sigurðardóttir og Stefán Már Stefánsson að sýnatökunum. Árni Einarsson, Erling Ólafsson og María Ingimarsdóttir veittu mikilvæga leiðsögn við tegundagreiningar. Gísli Már Gíslason las skýrsluna yfir og færði margt til betra horfs. Höfundar eru þessum kollegum mjög þakklát fyrir sitt framlag til rannsóknarinnar.

## **Heimildaskrá**

- Erlendur Jónsson og Erling Ólafsson 1989. Söfnun og varðveisla skordýra. Í: Pöddur (ritstj. Hrefna Sigurjónsdóttir og Árni Einarsson), Rit Landverndar nr. 9. Bls.29-46.
- Erling Ólafsson 1988. Könnun á smádýrum í Hvannalindum, Fagradal og Grágæsadal. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 5, 86 bls.
- Erling Ólafsson 2000. Landliðdýr í Þjórsárverum. Rannsóknir 1972-1973. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 40, 159 bls.
- Ingi Agnarsson 1996. Íslenskar köngulær. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 31, 175 bls.
- Ingi Agnarsson 1998. Íslenskar langfætlur og drekar. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 35, 34 bls.
- Jón S. Ólafsson og María Ingimarsdóttir 1999. Smádýralíf í Bjarnarflagi og á nokkrum viðmiðunarstöðum í Mývatnssveit. Líffræðistofnun Háskólans, skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun, 31 bls + viðaukar.
- María Ingimarsdóttir 2000. Smádýralíf á jarðhitasvæðunum á Námafjalli og Jarðbaðshólum í Mývatnssveit. Ritgerð fimm eininga rannsóknaverkefnis, við Líffræðiskor Háskóla Ísland. 79 bls.
- Krebs, C. J. 2001. Ecology. The experimental analysis og distribution and abundance. Fimmta útgáfa. Benjamin Cummins Publ. 695 bls.



## FJÖLRIT LÍFFRÆÐISTOFNUNAR

1. Agnar Ingólfsson, Arnþór Garðarsson og Sveinn Ingvarsson. 1972. *Botndýralíf í Akureyrarpólli, könnun í marz 1972.*
2. Arnþór Garðarsson, Jónbjörn Pálsson og Agnar Ingólfsson. 1974. *Könnun og kortlagning lífríkis í suðurhluta Leiruvogs nærri Reykjavík.*
3. Agnar Ingólfsson og Svend-Aage Malmberg. 1974. *Vistfræðilegar rannsóknir í Hvalfirði, Borgarfirði og Hraunfirði. Yfirlitsskýrsla.*
4. Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson. 1975. *Forkönnun á lífríki Laxárvogs, Álftafjarðar og Önundarfjarðar.*
5. Agnar Ingólfsson og Jón G. Ottósson. 1975. *Rannsóknir á umferð fugla við Keflavíkurlugvöll.*
6. Sveinn Ingvarsson. 1976. *Skýrsla um gagnasöfnun vegna hugsanlegrar mengunar af völdum járnblendiverksmiðju.*
7. Arnþór Garðarsson, Agnar Ingólfsson og Jón Eldon. 1976. *Lokaskýrsla um rannsóknir á óshólmasvæði Eyjafjarðarár 1974 og 1975.*
8. Agnar Ingólfsson. 1976. *Forkönnun á lífríki Gilsfjarðar, Þorskafjarðar, Djúpaafjarðar, Gufufjarðar og nærliggjandi fjarða.*
9. Arnþór Garðarsson og Kristín Aðalsteinsdóttir. 1977. *Rannsóknir í Skerjafirði. I. Botndýralíf.*
10. Agnar Ingólfsson. 1977. *Rannsóknir í Skerjafirði. II. Lífríki fjöru.*
11. Agnar Ingólfsson. 1978. *Greiningarlykill yfir stórkabba (Malacostraca) í fjörum.*
12. Arnþór Garðarsson, Ólafur K. Nielsen og Agnar Ingólfsson. 1980. *Rannsóknir í Önundarfirði og víðar á Vestfjörðum 1979. Fuglar og fjörur.*
13. Agnar Ingólfsson, Anna Kjartansdóttir og Arnþór Garðarsson. 1980. *Athuganir á fuglum og smádýralífi í Skarðsfirði.*
14. Kristín Aðalsteinsdóttir og Arnþór Garðarsson. 1980. *Botndýralíf í Hvalfirði.*
15. Agnar Ingólfsson og Árni Einarsson. 1980. *Forkönnun á lífríki Nýpslóns og Skógalóns við Vopnaffjörð.*
16. Agnar Ingólfsson og Guðmundur Víðir Helgason. 1982. *Athuganir á lífríki Skógalóns við Vopnaffjörð.*
17. Hörður Kristinsson, Bergþór Jóhannsson og Eyþór Einarsson. 1983. *Grasafraeðirannsóknir við Hvalfjörð.*
18. Gísli Már Gíslason. 1983. *Könnun á dýralífi í Eiðisvatni, Borgarfjarðarsýslu.*
19. Jón Eldon. 1983. *Pungmálmar í mosa, jarðvegi og regnvatni í nágrenni Grundartanga 1978 og 1979.*
20. Guðni Á. Alfæðsson, Jakob K. Kristjánsson og Guðmundur Eggertsson. 1984. *Líftækni á Íslandi, kynning á líftæknilegri örverufræði og erfðatækni.*
21. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1984. *Þjórsárver. Gróður og jarðvegur og áhrif Kvíslaveitu.*
22. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1985. *Þjórsárver. Vistfræðirannsóknir 1984.*
23. Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson. 1986. *Fuglaathuganir í Dýrafirði 1985.*
24. Agnar Ingólfsson. 1986. *Fjörulíf í innanverðum Dýrafirði.*
25. Jörundur Svavarsson og Arnþór Garðarsson. 1986. *Botndýralíf í Dýrafirði.*
26. Agnar Ingólfsson og Jörundur Svavarsson. 1989. *Forkönnun á lífríki Gilsfjarðar.*
27. Agnar Ingólfsson. 1990. *Rannsóknir á lífríki fjöru umhverfis kerbrotagryfjur í Straumsvík.*
- 27b. Agnar Ingólfsson. 1990. *A survey of intertidal organisms around dumping pits for pot linings at Straumsvík, southwestern Iceland.*
28. Jörundur Svavarsson. 1990. *Studies on the rocky subtidal communities in vicinity of a dumping pit for pot linings at Straumsvík, southwestern Iceland.*
29. Agnar Ingólfsson. 1990. *Athuganir á rauðbrýstingum í Gilsfirði í maí 1990.*
30. Guðmundur Víðir Helgason og Jörundur Svavarsson. 1991. *Botndýralíf í Þerneyjarsundi.*
31. Agnar Ingólfsson. 1991. *Athuganir á lífríki fjöru við Álfsnes.*

32. Einar Árnason. 1991. *Rýnt í skýrslur Hafrannsóknarstofnunar.*
33. Einar Árnason, Snæbjörn Pálsson, Aðalgeir Arason og Vilhjálmur Þorsteinsson. 1992. *Stofngerð Þorsks (Gadus morhua) við Ísland og víðar metin með breytileika í DNA orkukorna (mtDNA).*
34. Jörundur Svavarsson, Guðmundur V. Helgason og Stefán Á. Ragnarsson. 1991. *Rannsóknir á lífríki klettbotns neðansjávar í Hraunsvík við Hafnarfjörð.*
35. Einar Árnason og Snæbjörn Pálsson. 1992. *Skerðibútagreining á mtDNA bleikju, lax og urriða.*
36. Jörundur Svavarsson og Halldóra Skarphéðinsdóttir. 1993. *Vansköpun af völdum tríbútyltinmengunar hjá íslenskum nákuðungum.*
37. Jörundur Svavarsson. 1995. *Tributyltin in the marine environment, with special reference to Nordic waters. - A literature survey.*
38. Gísli Már Gíslason, Guðrún Lárusdóttir, Hákon Aðalsteinsson, Ólöf Ýrr Atladóttir og Þóra Hrafnadóttir. 1996. *Dýralíf austan Hágangna og í Vonarskarði. Könnun í ágúst 1996. Skýrsla til Landsvirkjunar.*
39. Anne-Charlotte Fasquel, Hlynur Sigurgíslason, Gunnar Gunnarsson og Einar Árnason. 1997. *Mitochondrial cytochrome b DNA sequence variation of Atlantic cod, Gadus morhua, from Greenland and Ísafjarðardjúp, Iceland.*
40. Arnþór Garðarsson. 1997. *Fjöldi heiðagæsar í Þjórsárverum 1996.*
41. Jón S. Ólafsson, Guðrún Lárusdóttir og Gísli Már Gíslason. 1998. *Botndýralíf í Elliðaánum.*
- 42a. Gísli Már Gíslason. 1998. *Áhrif kerbrotagryfja á lífríki í Straumsvík.*
- 42b. Gísli Már Gíslason. 1998. *The environmental impact of dumping pits for potlinings and filterdust from ISAL aluminium smelter at Straumsvík.*
43. Guðmundur V. Helgason, Jón S. Ólafsson og Arnþór Garðarsson. 1998. *Lífríki við Hvaleyri.*
44. Jörundur Svavarsson. 1999. *Vansköpun af völdum tríbútyltins hjá nákuðungi (Nucella lapillus) við Íslandsstrendur.*
45. Gísli Már Gíslason. 1999. *Áhrif lóns á vatnalíf á áhrifasvæði Norðlingaölduveitu.*
46. Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 1999. *Forkönnun á lífríki fjöru við iðnaðarlóðina Hraun í Reyðarfirði.*
47. Agnar Ingólfsson. 1999. *Rannsóknir á lífríki í Kolgrafafirði. Fuglar, fjörur og sjávarbotn.*
48. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1999. *Kolgrafafjörður. Rannsóknir á flóru og gróðri.*
49. Jörundur Svavarsson. 1999. *Forkönnun á lífríki botns neðan fjöru við iðnaðarlóðina Hraun í Reyðarfirði.*
50. Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 1999. *Lífríki í grýttum fjörum milli Geldinganness og Gunnuness. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
51. Agnar Ingólfsson. 1999. *Lífríki í leirum í Leiruvogi og við Blikastaði. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
52. Jörundur Svavarsson. 2000. *Botndýralíf við mynni Leiruvogs. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
53. Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson. 2000. *Rannsóknir á lífríki við Borgarnes: leirur, fitjar, gróður á landi og fuglar.*
54. Jón S. Ólafsson, Gísli Már Gíslason, Sesselja G. Sigurðardóttir og Stefán Már Stefánsson. 2001. *Botndýr í Úlfarsá: Könnun í maí 1999. Unnið fyrir Borgarverkfræðinginn í Reykjavík.*
55. Karen Jenný Heiðarsdóttir og Eva Benediksdóttir. 2001. *Culture media for optimal isolation of Moritella viscosa from Atlantic Salmon (Salmo salar) with winter ulcer.*
56. Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson. 2001. *Lífríki Hnífár í Þjórsárverum. Könnun gerð í ágúst 2001.*
57. Arnþór Garðarsson. 2002. *Landnotkun heiðagæsar á grónu landi í sunnanverðum Þjórsárverum.*
58. Arnþór Garðarsson. 2002. *Könnun á fuglalífi á Hengli og Hellisheiði vorið 2001.*
59. Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason. 2002. *Smádýralíf í vötnum á Hellisheiði, könnun í júlí 2001.*

LÍFFRÆÐISTOFNUN HÁSKÓLANS

FJÖLRIT NR. 59

Smádýralíf í vötnum á Hellisheiði,  
könnun í júlí 2001

*Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason*

REYKJAVÍK 2002

## Efnisyfirlit

Ágrip.....	2
Inngangur.....	3
Aðferðir.....	3
Sýnataka.....	3
Úrvinnsla.....	4
Niðurstöður.....	5
Lýsing á sýnatökustöðvum.....	5
Eðlis- og efnapættir.....	11
Botndýr.....	12
Lífriki vatna í austanverðum Henglinum.....	19
Umræða og ályktanir.....	25
Lokaorð.....	26
Þakkarorð.....	27
Heimildaskrá.....	28



## Ágrip

- Smádýralíf var kannað 6. júlí 2001 í Hengladalsá ofan Kamba og í læk í Sleggjubeinsskarði. Við sýnatökur var smádýrum safnað af steinum og úr botnseti vatnanna, þrjár stöðvar voru í Hengladalsá og ein í læknum í Sleggjubeinsskarði.
- Rennsli Hengladalsár var um  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , rafleiðnin var tiltölulega há á öllum stöðvunum ( $206\text{-}215 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) og vatnshiti var nánast sá sami og lofthiti ( $11\text{-}12^\circ\text{C}$ ).
- Rennsli lækjarins í Sleggjubeinsskarði var um  $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ , rafleiðnin var  $344 \mu\text{S}/\text{cm}$  og áhrif jarðhitavatns lítil sem engin á vatnshita lækjarins þar sem sýnin voru tekin.
- Þéttleiki botndýra var mestur á efstu stöðinni í Hengladalsá, rúmlega 26 þúsund einstaklingar á fermetra, en var töluvert lægri á neðri tveimur stöðvunum. Í læknum í Sleggjubeinsskarði var þéttleiki botndýra nokkuð lægri en í Hengladalsá.
- Lirfur rykmýsins, einkum bogmý voru mest áberandi meðal botndýra í báðum vötnunum.
- Í samanburði við hliðstæð vatnakerfi á nálægum svæðum er þéttleiki botndýra í þeim vötnum sem skoðuð voru fremur lítill.
- Lífrík Draugatjarnar var lauslega kannað og bendir allt til þess að tjörnin sé nokkuð gróskumikil og nýtt af vatnafuglum í einhverum mæli.
- Búsvæði ferskvatns á Hellisheiði og við Hengilinn eru sérstæð fyrir þær sakir að vatnið er mjög steinefnaríkt vegna áhrifa heitra vatns- og gufuhvera og einnig fyrir þær sakir að ferskvatnsbúsvæði eru fremur sjaldgæf á þessu svæði.

## Inngangur

Að beiðni Orkuveitu Reykjavíkur tók Líffræðistofnun Háskólans að sér könnun á smádýralífi í völdum vötnum á Hellisheiði. Um er að ræða vötn vestan Hengilsins, sem eiga að miklu eða öllu leyti uppruna sinn í heitum lindum eða gufuhverum. Markmið könnunarinnar var að afla grunnþekkingar um smádýralíf í vötnum á Hellisheiði og við Hengil, þannig að nýta megi við kortlagningu svæða á Hellisheiði og við Hengil með tilliti til verndarflokkunar. Lífríki vatna með ríkum hveraáhrifum er allnokkuð þekkt hér á landi. Skal þar fyrst benda á doktorsritgerð Danans Sören L. Tuxen sem birt var í ritröðinni *Zoology of Iceland 1944, "The hot springs of Iceland, their animal communities and their zoogeographical significance"*. Tuxen safnaði efniviði í rannsóknarverkefni sitt víða um land, snemma á fjórðaáratug tuttugustu aldarinnar. Hann beindi einkum sjónum sínum að heitum lindum í því sambandi. Síðar hafa verið unnin afmörkuð rannsóknarverkefni, einkum á Suður- og Vesturlandi, þar sem lífverusamfélög í heitum lækjum eða uppsprettum hafa verið skoðuð. Þessar rannsóknir tóku m.a. fyrir lífríki Varmár í Mosfellssveit og Varmár í Ölfusi (Gísli Már Gíslason 1980), varmalinda í Borgarfirði (Tryggvi Þórðarson 1981), lífríki Þverár, Kaldár og Ölfusvatnsáar austan í Henglinum (Hafsteinn Gunnarsson óbirtar niðurstöður). Eitt af því sem sameinar vötn sem eru upprunnin á hverasvæðum er hve steinefnaríkt vatnið er. Bent hefur verið á að vatnavistkerfi á Íslandi mótist öðru fremur af jarðfræði (steinefnauðgi), auk landslags og gróðurfars (Gísli Már Gíslason o.fl. 1998). Á hálendinu eru vatnasvið mikið til á gróðurvana auðnum en á láglandi er holta- og mýragróður ríkjandi. Trjágróður, sem áður einkenndi vatnasviðin, er að mestu horfinn fyrir mörgum öldum. Á einstökum svæðum, sérstaklega í Borgarfirði, á sunnanverðum Vestfjörðum og í dölum á Norður- og Austurlandi, finnast þó skógarleifar. Efnafræði straumvatna, fjölbreytileiki og þéttleiki smádýra og fjöldi laxfiska sem ganga í þau úr sjó virðist ákvarðast af einkennum vatnasviðanna. Til að mynda er lax fyrst og fremst í ám sem eiga upptök sín í stöðuvötnum eða á velgrónum vatnasviðum (Gísli Már Gíslason o.fl. 1998).

## Aðferðir

### Sýnataka

Sýnataka fór þannig fram að á hverri stöð voru teknir 5 steinar af handahófi sem víðast á sniði þvert yfir ána. Áður en steinn var fjarlægður af botni var háfi með möskvastærð 250

µm komið fyrir hlémeigin steinsins, þannig að allt sem af steininum féll, þegar hann var fjarlægður, lenti í háfnum. Hver steinn var því næst skrúbbaður rækilega í fötu með vatni og allar lífverur hreinsaðar af. Sýnið var því næst síað í gegnum sigti með 250 µm möskva. Það sem eftir varð í sigtinu var skolað niður í krukku með 70% alkóhóli og varðveitt. Mesta breidd, lengd og hæð hvers steins var síðan mæld. Auk þess var ofanvarp hans dregið upp með því að leggja steininn, eins og hann hafði legið í ánni, á rúðustrikað blað og útlínur hans dregnar upp. Ofanvarp hvers steins var notað til að umreikna fjölda dýra hvers sýnis á flatareiningu. Á hverri stöð voru einnig tekin 2 sparksýni. Sparkað (rótað) var af 30x30 cm svæði á botninum í 40 sek. Áður var komið fyrir háfi með möskvastærð 250 µm neðan við sparksvæðið þannig að allt sem rótaðist upp lenti í háfnum. Sýnið var því næst síað í gegnum sigti með 250 µm möskva. Það sem eftir varð í sigtinu var skolað niður í krukku með 70% alkóhóli til varðveislu. Megin ástæða tvíþættrar sýnatöku er að tryggja söfnun flestra dýrahópa sem lifa á og í botni árinna. Steinasýnin veita upplýsingar um magn og hlutfall þeirra dýra sem lifa ofan setyfirborðs, en sparksýni veita upplýsingar um þau dýr sem lifa niðurgrafin í botnseti eða halda sig ofan á setyfirborði. Botngerð var lýst á sniði yfir ána á hverri stöð og gróðurþekja á bökkunum var metin. Breidd árinna var mæld, dýpi hennar með 1 m millibili og á sömu stöðum var straumhraði mældur. Á hverri stöð voru enn fremur tekin ómagnbundin sýni úr reki, enn fremur var sýrustig, leiðni og hitastig vatnsins mælt.

## Úrvinnsla

Unnið var úr öllum sýnum sem tekin voru, þ.e. 5 steina- og 2 sparksýnum af hverri stöð. All flestar lífverur voru greindar til tegunda eða hópa undir víðsjá. Nær ógerlegt er þó að sundurgreina lírfur rykmýsins, nema við 400-1000 sinnum stækkun í smásjá. Þar sem rykmý er ríkjandi hópur botndýra var ekki stætt á öðru en að sundurgreina það frekar en niður í undirættir. Til að flýta verkinu voru í sumum tilfellum tekin hlutsýni úr hverju steina- eða sparksýni. Miðað var við að a.m.k. 150-200 einstaklingar væru greindir til tegunda/ættkvíslar af hverri stöð. Þéttleiki botndýra er mældur út frá ofanvarpi þess steins sem dýr fundust á, þessi nálgun var notuð fremur en að reikna þéttleikann t.d. út frá yfirborði steinsins (Gísli Már Gíslason og Vigfús Jóhannsson 1985).

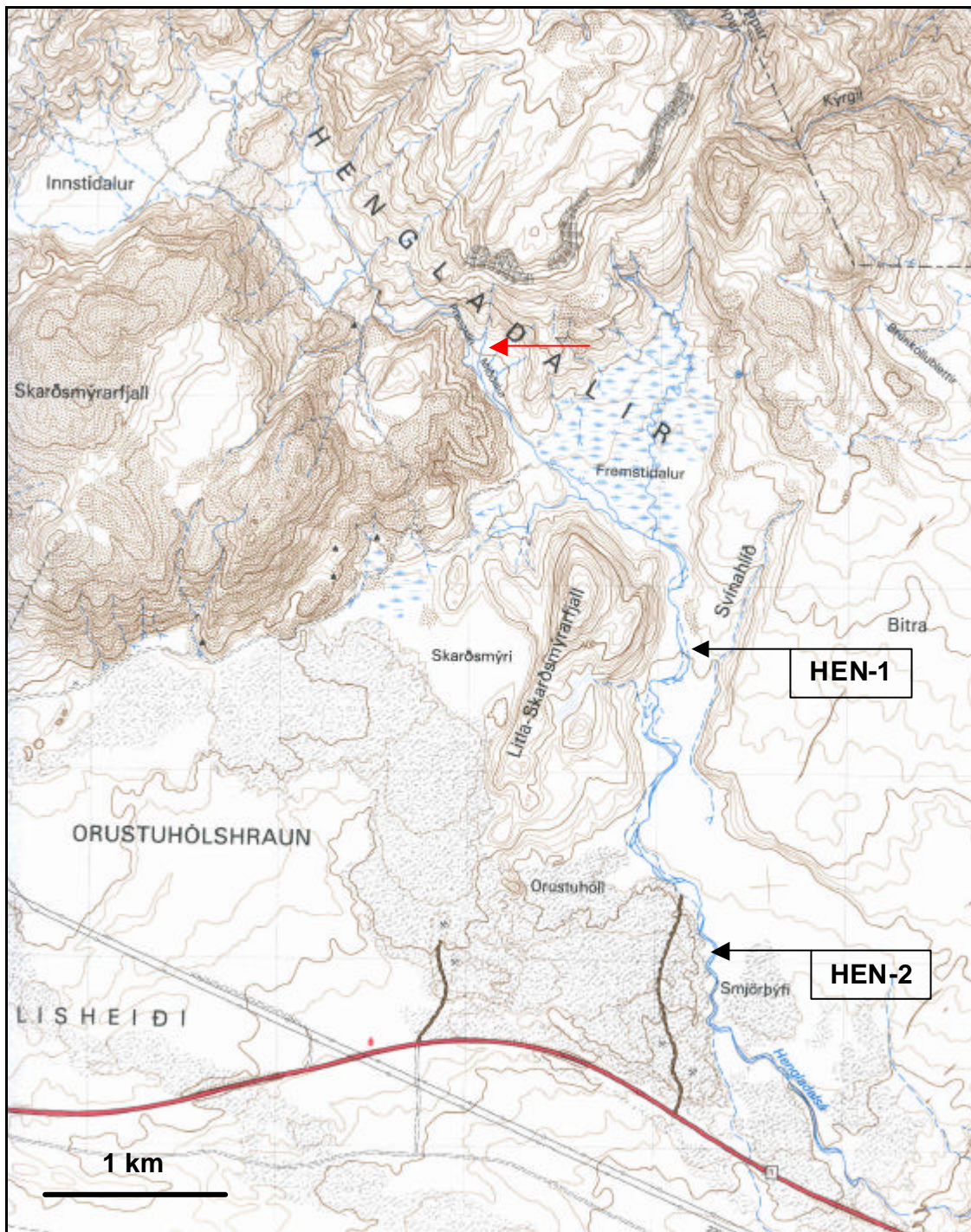
## Niðurstöður

### Lýsing á sýnatökustöðvum

Hengladalsá (Hengladalaá) kemur upp í vesturhlíðum Hengilsins, í Innstadal og úr austur hlíðum Skarðsmýrarfjalls (1. og 4. mynd). Vatn árinna er að mestu samansafn úr heitum uppsprettum sem renna í ána auk vatns sem fellur til vegna úrkomu á vatnsviðinu. Áin rennur um Þrengslin niður á sléttlendi í Miðdal og Fremstadal, austan við Litla Skarðsmýrarfjall, síðan til suðurs fram með Bitru (1. og 5. mynd). Þar rennur áin um nokkuð vel gróið land og sandeyrar. Stöð 1 var á sandeyrum suðaustan við Litla Skarðsmýrarfjall. Eyrarnar eru að mestu grónar við sýnatökusvæðið, nema á þeim svæðum þar sem áin breiðir úr sér í flóðum (5. mynd). Botninn var alsettur smáum steinum og sandi. Gróður var mikill í ánni á þessum stað, einkum við bakkana. Þörung- og bakteríuskánir á steinum voru mjög áberandi og bera merki um áhrif jarðhitans ofar í ánni. Stöð 2 er við hraunjaðar í vel grónu landi, suðvestan við Smjörþýfi (1. og 6. mynd). Á þessum stað var botn árinna fremur grýttur og sendinn. Þörungagróður var ekki eins áberandi á þessari stöð eins og á stöð 1. Stöð 3 var efst í Kömbunum, rétt áður en áin rennur niður í Nóngil. Þar rennur áin í mjög stórgrýttum farvegi á milli stórra bjarga, en þar á milli eru hyljir með grjóti. Stórgrýtt var meðfram bökkunum og mjög lítið set í árfarveginum. Á þessum stað var gróður fremur lítill, en bakkarnir voru sémilega vel grónir. (2. og 7. mynd). Nokkru neðan við Nóngil sameinast Hengladalsá og Reykjadalásá og síðar bætast við Grænadalsá og Sauðá, eftir það nefnist áin Varmá.

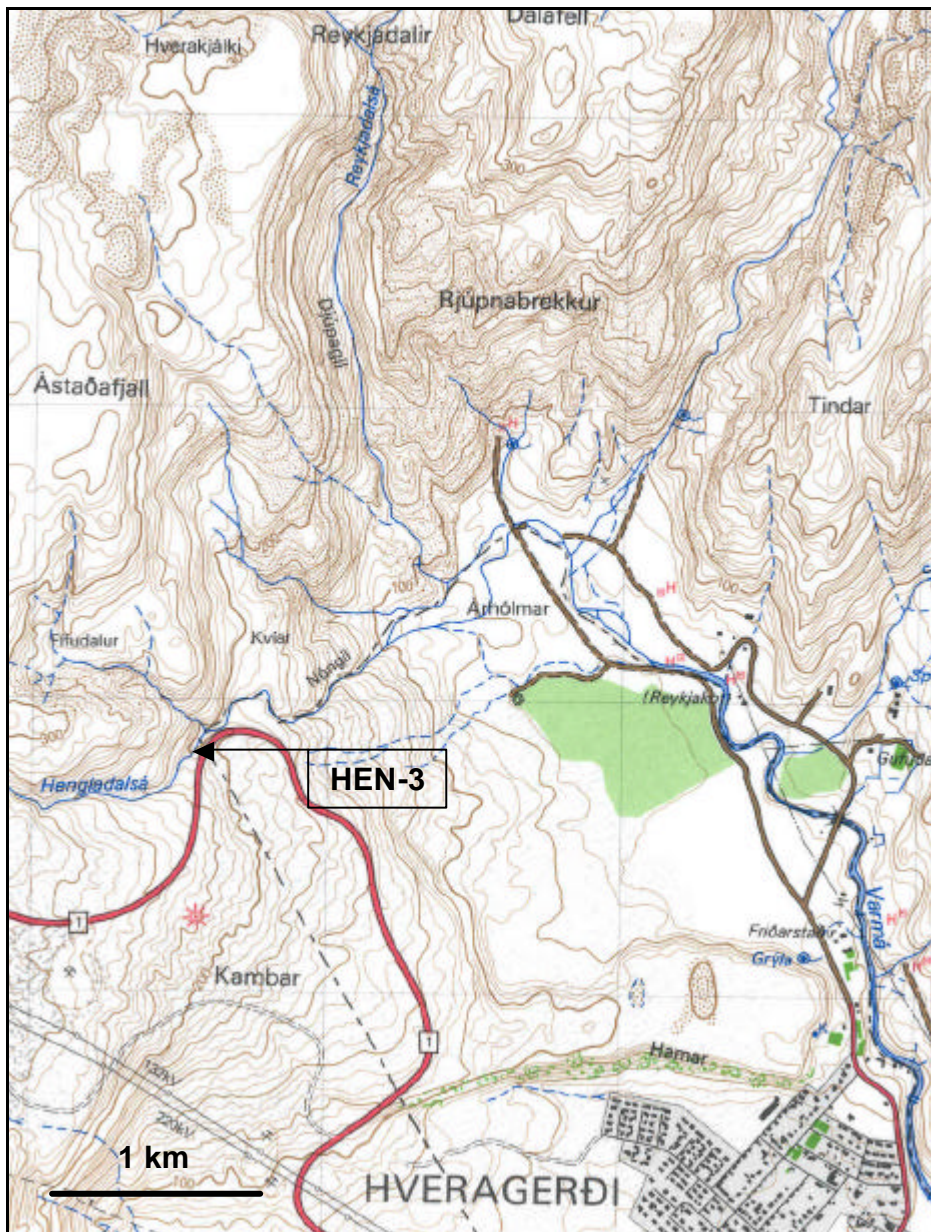
Lækur í Sleggjubeinsskarði: Sýni voru tekin um 300-400 m ofan við skíðaskála Víkings. Vatn í læknum er að hluta eða miklu leyti úr heitum hverum ofar í gilinu og ber gróður í læknum þess glögg merki, en ryðbrún þörung- og bakteríuslikja einkenndu farveg lækjarins. Umhverfi lækjarins og skarðið sjálf er nánast gróðurlaust (3. og 8. mynd). Draugatjörn er í lægð við rætur Húsmúla, suðvestanvert (3. mynd). Að öllum líkindum er tjörninn grunn, þar sem botngróður sást víða hafa vaxið upp í vatnsyfirborðið (28.09.2001). Bakkar tjarnarinnar voru vel grasi grónir. Við bakkana var tjarnarbotninn nokkuð grýttur, en auk þess einkenndist hann af fíngerðu seti er utar kom. Gróskumikill vatnagróður var meðfram tjarnarbökkunum, meðal annarra tegunda sem sáust 28. september 2001, má nefna lónasóley, síkjamara og nykru.





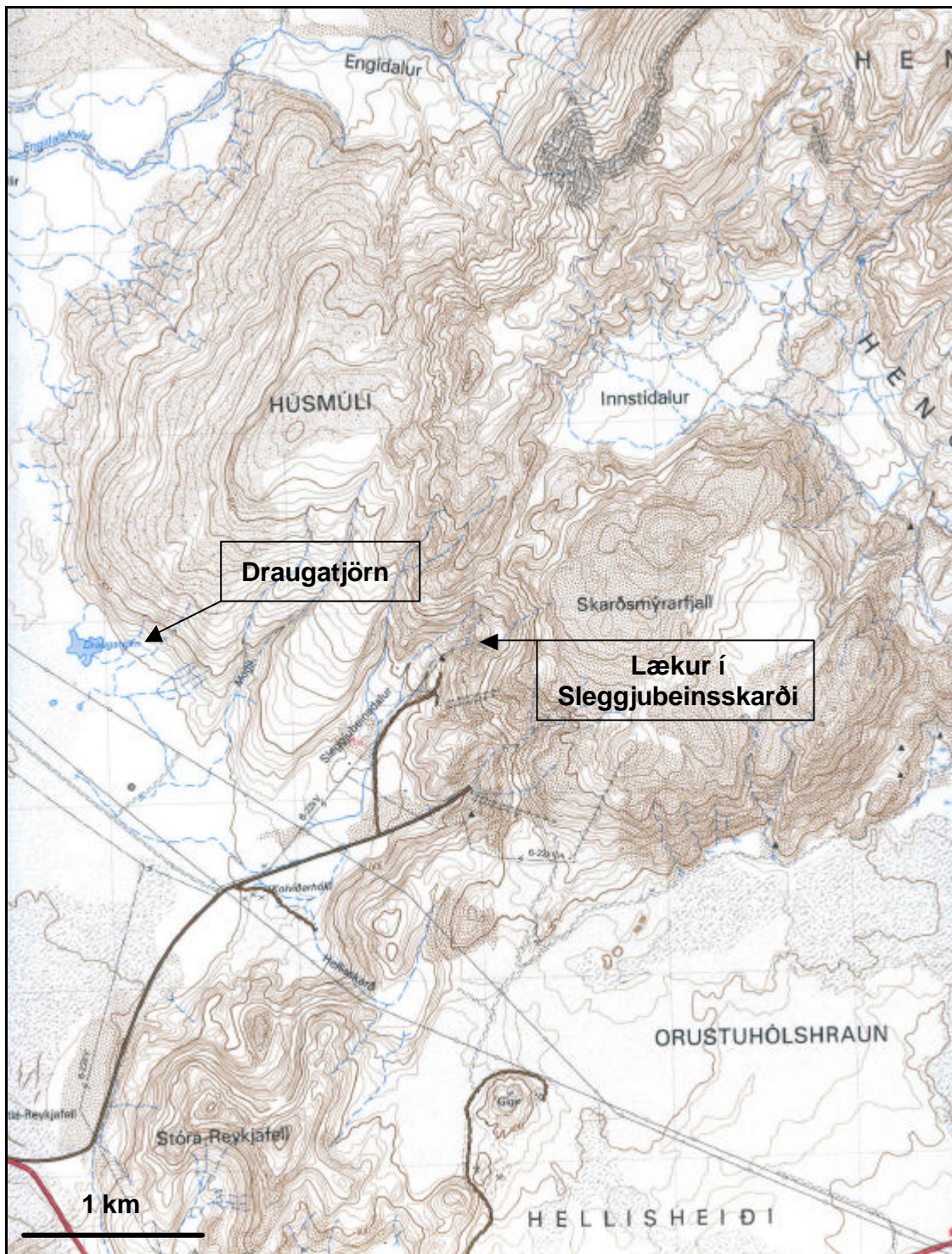
1. mynd. Kort af upptökum Hengladalsár og sýnatökustöðvum ofarlega í ánni. Rauða örin ofarlega á kortinu vísar á þann stað sem 4. mynd er tekin. Byggt á korti Landmælinga Íslands í mælikvarðanum 1:25.000.





2. mynd. Kort sem sýnir sýnatökustöð 3 í Kömbunum. Byggt á korti Landmælinga Íslands í mælikvarðanum 1:25.000.





3. mynd. Kort af sýnatökusvæðum í Sleggjubeinsskarði og Draugatjörn. Byggt á korti Landmælinga Íslands í mælikvarðanum 1:25.000.





4. mynd. Hengladalsá við Þrengslin, örin vísar á eina af mörgum heitum uppsprettum sem renna í ána (Ljósmynd: Jón S. Ólafsson).



5. mynd. Hengladalsá austan Litla Skarðsmýrarfjalls, myndin er tekin nálægt stöð 1 (HEN-1) (Ljósmynd: Jón S. Ólafsson).





6. mynd. Við sýnatökustöð 2 í Hengladalsá (HEN-2), hraunjaðarinn er í skugganum til hægri á myndinni (Ljósmynd: Jón S. Ólafsson).



7. mynd. Við sýnatökustöð 3 í Hengladalsá (HEN-3), efst í Kömbunum (Ljósmynd: Jón S. Ólafsson).



8. mynd. Lækur í Sleggjubeinsskarði við sýnatökustað (SLE-1). Á myndinni má sjá vatnslögn sem liggur í skíðaskála Víkings (Ljósmynd: Jón S. Ólafsson).

### **Eðlis- og efnaþættir**

Vatnshiti var nálægt lofthita á öllum sýnatökustöðvunum, milli 11 og 12 °C. Leiðni, sem er mælikvarði á magn uppleystra jóna, var hæst í læknum í Sleggjubeinsskarði (344  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Í Hengladalsá var leiðnin á milli 206 og 215  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lækkaði eftir því sem fjær dró upptökunum. Í heitum læk (22,8 °C) sem rann í ána skammt frá Þrengslunum (4. mynd), mældist leiðnin 310  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Sýrustig var lægst í læknum í Sleggjubeinsskarði (pH=6,7), en var á milli 6,9 og 7,4 í Hengladalsá (Tafla1).

Tafla 1. Upplýsingar um efna- og eðlisþætti á sýnatökustöðvum í Hengladalsá og

í læk í Sleggjubeinsskarði, 6.7.2001. Dýpi er gefið sem meðaldýpi og í sviga aftan við er gefið mesta dýpi á sniði yfir árnar á hverri sýnatökustöð.

Straumvatn	Hengladalsá			Lækur í
	HEN-1	HEN-2	HEN-3	Sleggjubeinsskarði
Sýnatökustöð	HEN-1	HEN-2	HEN-3	SLE-1
Dagsetning sýnatöku	6.7.2001	6.7.2001	6.7.2001	6.7.2001
Hnit (norður)	64.02.739	64.01.565	64.00.874	64.03.024*
Hnit (vestur)	21.17.076	21.16.831	21.14.123	21.22.316*
Hæð yfir sjó (m)		334	216	329
Hitastig (°C)	12,3	12,4	11,4	12
Leiðni (µS/cm)	215	214	206	344
pH	6,9	7,4	7,2	6,7
Breidd (m)	12,5	15,5	7,3	0,7
Dýpi (cm)	11,3 (16,5)	14,4 (28)	28,2 (48)	(8)
Straumhraði (m/s)	0,30	0,17	0,23	(0,26)
Rennsli (m <sup>3</sup> /s)	0,56	0,49	0,57	(0,02)

\* stöðin var 300 m ofan við þetta hnit

Straumhraðinn mældist mestur á efstu stöðinni í Hengladalsá (0,3 m/s) en var töluvert lægri á báðum neðri stöðvunum (0,17 – 0,23 m/s). Rennsli Hengladalsár var á bilinu 0,49 til 0,57 m<sup>3</sup>/s. Mæliniðurstöður fyrir straumhraða og rennsli í læknum í Sleggjubeinsskarði ber að taka með fyrirvara vegna erfiðleika við mælingar (Tafla 1).

Í Draugatjörn var leiðnin 87 µS/cm og vatnshiti 6 °C (28.09.2001), ensýrustig var ekki mælt í tjörninni. Heildarflatarmál tjarnarinnar er vart meira en 500 m<sup>2</sup>.

## Botndýr

Eins og getið er í aðferðalýsingu var um tvennskonar sýnatökur að ræða í straumvötnunum, dýrum var safnað af steinum (steinasýni) og safnað með því að róta af yfirborði árfarvegs og úr botnsetinu (sparksýni). Til hagræðingar verður héðan í frá talað um “steinasýni” og “sparksýni” í þessu samhengi. Í Draugatjörn voru dýr einungis háfuð úr vatninu meðfram bökkum.

Heildarþéttleik botndýra var mestur á stöð 1 í Hengladalsá, 26.590 einstaklingar á fermetra (steinasýni) og 275 einstaklingar í sýni (sparksýni) (9. mynd). Mun minni þéttleiki botndýra var á stöð 2, bæði í steinasýnunum (12.885 einst./m<sup>2</sup>) og í sparksýnunum (127 einst./sýni). Á stöð 3 í Hengladalsá jókst þéttleiki botndýra miðað við stöð 2 hvað steinasýnin varðar (17.308 einst./ m<sup>2</sup>) en var mun lægri en fannst á báðum stöðvunum ofar í ánni sé miðað við sparksýnin (52 einst./sýni). Heildarþéttleiki botndýra í læknum í Sleggjubeinsskarði var

minni en í Hengladalsá þegar steinasýnin eru skoðuð (11.661 einst./ m<sup>2</sup>), hins vegar var magn dýra í sparksýnum álíka eða meira en í Hengladalsá (190 einst./sýni). Eins og sést á 9. mynd er stærstur hluti botndýra á öllum stöðvunum, nema stöð 2 í Hengladalsá, rykmý. Á milli 80 og 90% af heildarfjölda botndýra á þessum stöðvum var rykmý, en um og yfir 50% allra botndýra á stöð 2 tilheyrði rykmýi. Ef hlutföll einstakra hópa í Hengladalsá eru skoðuð frekar sést að stærstur hluti rykmýsins á stöð 1 tilheyrði undirætt bogmýs (Orthocladiinae) (10. og 11. mynd). Þá gildir einu hvort skoðaðar eru niðurstöður steinasýna eða sparksýna. Ættkvíslirnar, *Orthocladius*, *Eukiefferiella* og *Thienemanniella* voru mest áberandi. Á stöð 2 var, sem fyrr segir, hlutur rykmýsins lægri en á hinum stöðvunum, en engu að síður skipar áðurnefnd undirætt stóran sess meðal botndýra. Á stöð 3 var önnur undirætt rykmýs nokkuð áberandi, þeymý (Chironominae), þá einkum hópurinn Tanytarsini (10. og 11. mynd). Á þessari stöð, var ættkvíslin *Micropsectra* (undirætt: Þeymý) ríkjandi, en í lítið eitt minni þéttleika var tegundin *Eukiefferiella minor* (Tafla 2). Af öðrum botndýrum voru ánar (Oligochaeta) all áberandi á stöð 2, einkum í sparksýnunum. Auk þeirra komu áttfætlumaurar (Acarina) og skelkrabbar (Ostracoda) fyrir í töluverðu mæli í báðum sýnagerðunum (Tafla 2). Lirfur lækjarflugunnar (*Limnophora riparia*) voru nokkuð áberandi á stöð 1 og á sömu stöð komu einnig fyrir einu bitmýslirfurnar sem fundust í Hengladalsá. Lirfur lækjarflugunnar fundust einnig á stöð 3 (sparksýni), en í mjög litlum mæli. Á stöðvum 2 og 3 í Hengladalsá fundust lirfur strandflugunnar (*Clinocera stagnalis*) og vatnabobbar (*Lymnaea peregra*) í nokkru mæli, en þessar tegundir fundust ekki á efstu stöðinni (Tafla 2).

Nokkuð önnur mynd birtist okkur þegar botndýrasamfélag lækjarins í Sleggjubeinsskarði er skoðað. Þar var þeymýið ríkjandi, þá einkum ættkvíslin *Micropsectra* og var hlutur hennar mun meiri en bogmýs og kulmýs til samans (10. og 11 mynd). Kulmýstegundin *Diamesa bertrami*, fannst í töluverðum þéttleika í læknum og var mun algenari en aðrar tegundir sömu ættkvíslar (*Diamesa*) samanlagt á einstökum stöðvum í Hengladalsá (Tafla 2). Af öðrum tvívængjum má nefna strandfluguna og bitmý, sem fundust í nokkru mæli í læknum. Ánar, vatnamaurar og skelkrabbar voru einnig nokkuð áberandi í læknum, einkum í steinasýnunum (Tafla 2).

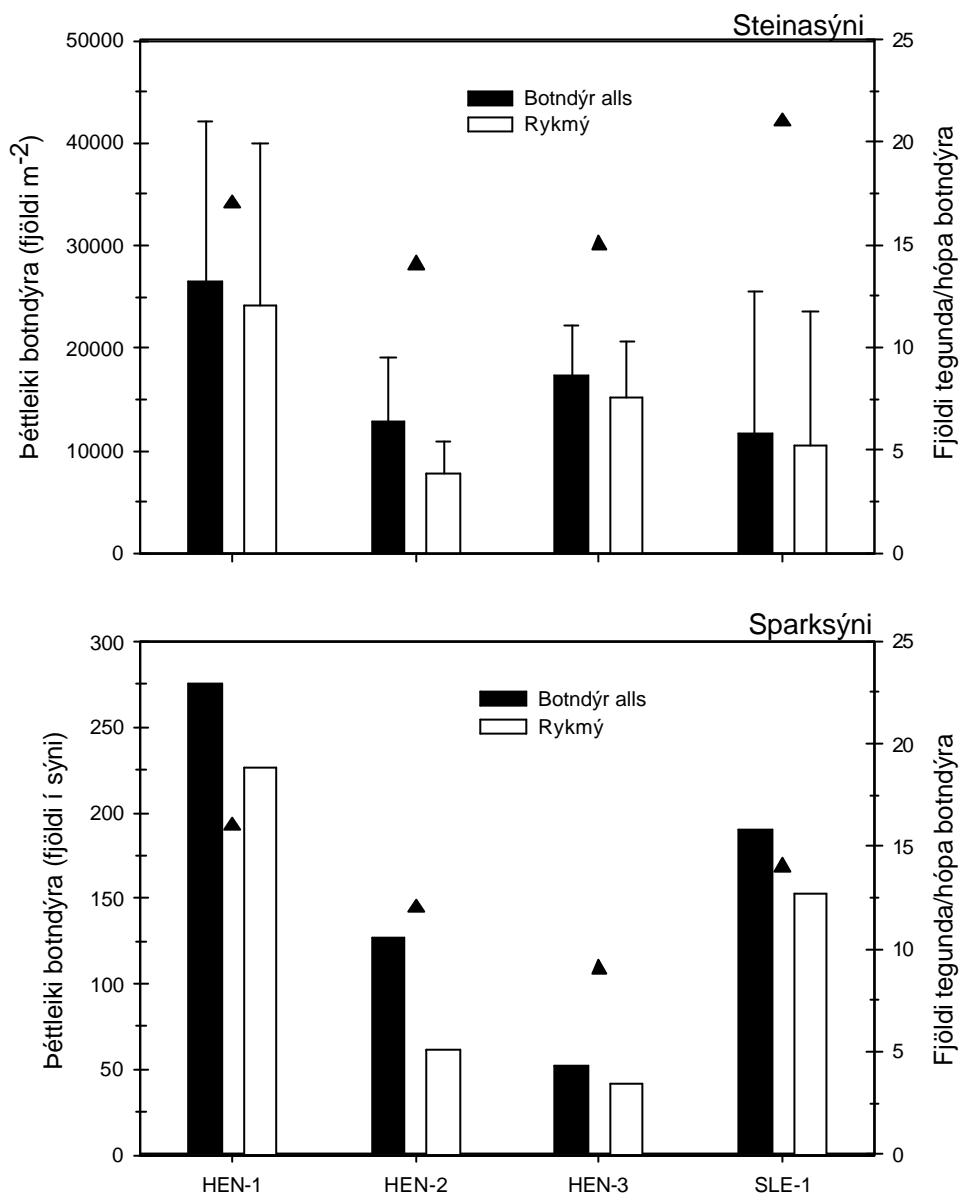
Þegar borin eru saman sýni sem tekin voru með mismunandi aðferðum sést að hlutföll einstakra dýrahópa eru lík innan stöðva, nema að því leyti að dýrahópar eins og ánar,



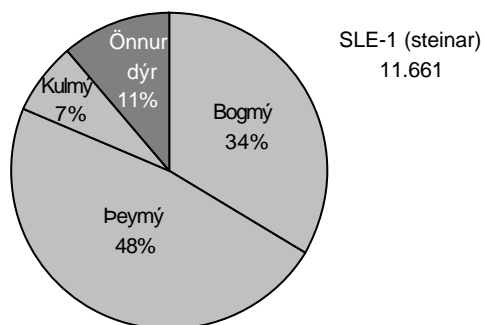
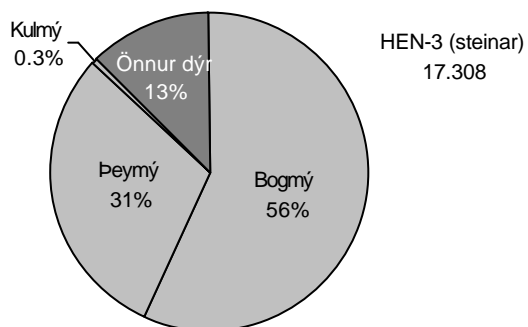
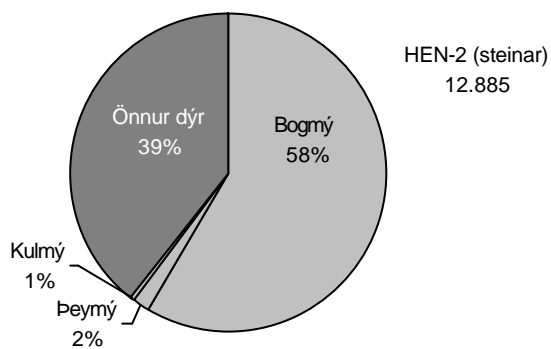
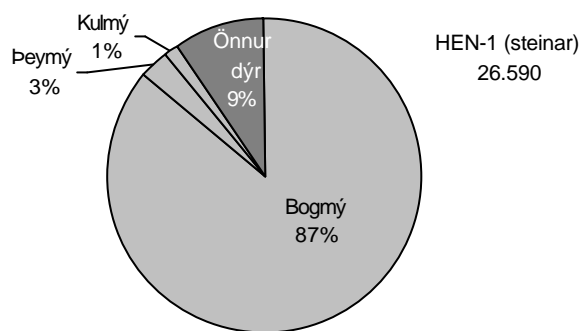
vatnamaurar og lirfur lúsmýsins (*Ceratopogonidae*) koma fyrir í meira mæli í sparksýnunum en í steinasýnunum (10. og 11. mynd og Tafla 2).

Fjölbreytileiki botndýra (fjöldi tegunda eða hópa) var mestur í læknum í Sleggjubeinsskarði (23) og lægstur á stöð 2 í Hengladalsá (16). Nítján tegundir/hópar botndýra fundust hinsvegar á stöðvum 2 og 3 í Hengladalsá. Að jafnaði var nokkru minni fjölbreytileiki í sparksýnunum en var í steinasýnunum (Tafla 2). Nokkuð góð samsvörun var á milli mismunandi sýnatökuaðferða, þrátt fyrir að einstaka lífveruhópar kæmu frekar fyrir í annarri sýnagerðinni en hinni (Tafla 2 og 12.mynd). Sé skyldleiki dýrasamfélaga skoðaður milli mismunandi stöðva sést að lækurinn í Sleggjubeinsskarði og stöð 3 í Hengladalsá skera sig frá öðrum stöðvum hvað varðar tegundasamsetningu (12. mynd).

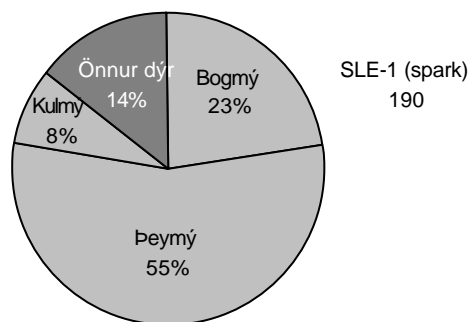
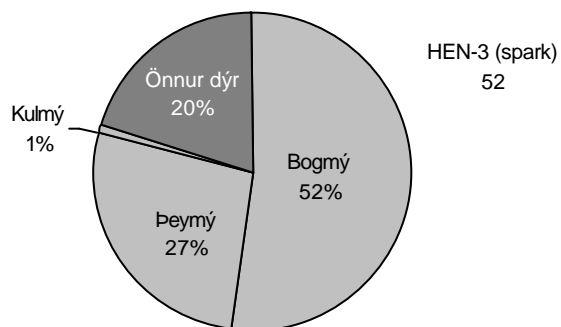
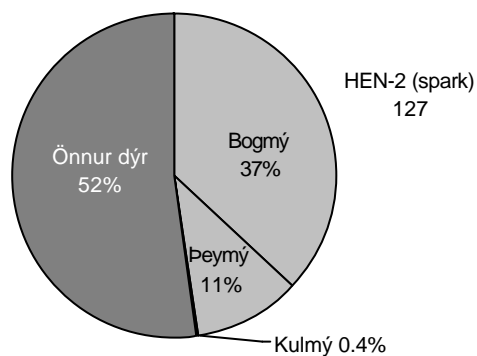
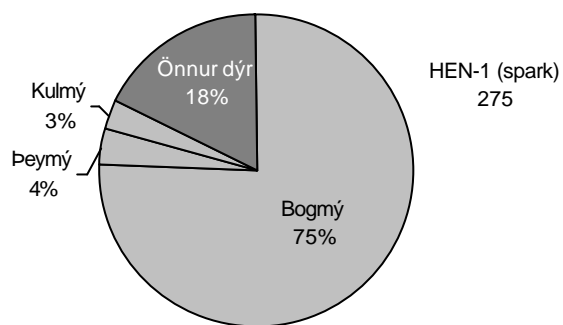
Lífríki Draugatjarnar var einungis kannað lauslega, með því að háfa dýr úr vatnagróðri meðfram bökkum tjarnarinnar. Áberandi var hvað krabbadýr, einkum rauðdílar (*Diaptomus* c.f. *glacialis*.) voru áberandi auk annarra krabbadýra. Meðal skordýra bar nokkuð á tjarnatítum (*Arctocorisa carinata*), vatnsköttum (*Agabus bipustulatus*) auk lirfa rykmýsins, einkum bogmýs og slæðumýs. Vatnabobbinn *Lymnaea peregra* var mjög áberandi á fjörusteinunum, þéttleiki þeirra virtist mjög mikill sem e.t.v. bendir til þess að ekki sé mikið um fisk í tjörninni.



9. mynd. Þéttleiki botndýra í Hengladalsá og í læk í Sleggjubeinsskarði. Súlnar sýna heildarþéttleika allra botndýra (svartar súlur) og rykmýs (hvítar súlur). Fjöldi tegunda/hópa botndýra (þríhyrningar). Efri myndin sýnir meðalþéttleika dýra á steinum, gefið er staðalfrávik meðaltala. Neðri myndin sýnir fjölda dýra í sparksýnum, meðaltal tveggja sýna. HEN-1 - HEN-3: Hengladalsá stöðvar 1-3 og SLE-1: Lækur í Sleggjubeinsskarði.



10. mynd. Hlutfallsleg skipting mismunandi botndýrahópa í steinasýnum af þremur stöðvum í Hengladalsá (HEN) og af einni stöð í læk í Sleggjubeinsskarði (SLE). Meðalþéttleiki botndýra fyrir hverja stöð er sýndur hægra megin við kökuritin.



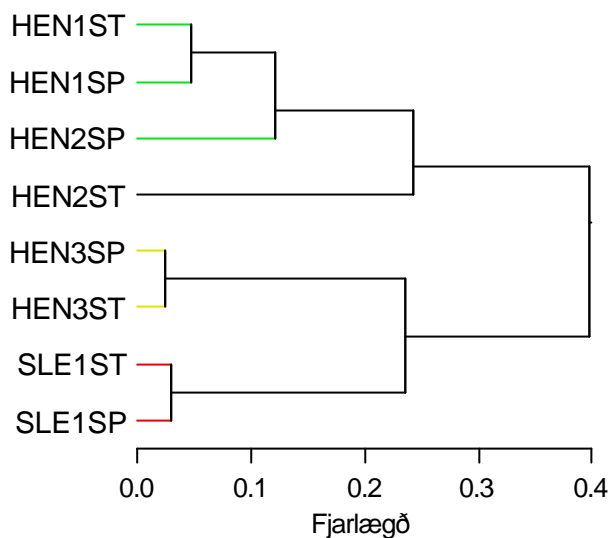
11. mynd. Hlutfallsleg skipting mismunandi botndýrahópa í sparksýnum af þremur stöðvum í Hengladalsá (HEN) og af einni stöð í læk í Sleggjubeinsskarði (SLE). Meðalfjöldi botndýra fyrir hverja stöð er sýndur hægra megin við kökuritin.



Tafla 2. Niðurstöður úr könnun á smádyrum í Hengladalsá og læk í Sleggjubeinsskarðil 6. júlí 2001. Fyrir hverja stöð eru gefnar niðurstöður yfir meðalþéttleika dýra úr fimm sýnum auk staðalfrákviks hvers meðaltals. Auk þess er gefinn meðalfjöldi dýra í tveimur sparksýnum. Efst í töflunni er mat á þekju þörungna og baktería á botni á hverri stöð (því fleiri krossar, því meiri þekja). Neðst í töflunni er að finna upplýsingar um fjölda tegunda eða hópa sem komu fyrir á hverri stöð.

Hellisheiði 6. júlí 2001	Hengladalsá									Lækur í Sleggjubeinsdal		
	HEN-1			HEN-2			HEN-3			SLE-1		
	steinar		spark	steinar		spark	steinar		spark	steinar		spark
	fj./m <sup>2</sup>	sd	fjöldi	fj./m <sup>2</sup>	sd	fjöldi	fj./m <sup>2</sup>	sd	fjöldi	fj./m <sup>2</sup>	sd	fjöldi
Þörungar	+++		+++	+		+	+++		+	+++		++
<b>INSECTA</b> - (Skordýr)												
COLLEMBOLA - (stökkmor)	49	69	1	31	43	0	0	0	1	39	55	0
DIPTERA (tvívængjur)	0	0	0	0	0	0	11	25	0	24	53	0
CHIRONOMIDAE (rykmý) - púpur	70	64	1	42	63	0	32	72	0	204	244	2
" - flugur	0	0	0	0	0	0	24	55	0	24	53	0
" - lirfur												
<b>Diamesinae - kulmý</b>												
<i>Diamesa bohemani/zernyi</i>	320	405	1	75	102	0	0	0	0	33	73	2
<i>Diamesa bertrami</i>	0	0	2	0	0	1	0	0	1	615	430	18
<i>Diamesa latitarsis</i> gr.	52	116	0	0	0	0	0	0	0	102	139	2
<i>Diamesa bertrami/latitarsis</i> gr.	0	0	14	0	0	0	60	133	0	105	235	6
<b>Orthoclaadiinae - bogmý</b>												
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	1419	1218	11	0	0	0	63	141	0	888	743	9
<i>Eukiefferiella minor</i>	5596	4914	56	3209	2937	18	4876	5715	35	1112	1032	17
<i>Orthocladus consobrinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Orthocladus frigidus</i>	1844	1087	34	780	384	2	1345	1400	5	982	2006	4
<i>Orthocladus oblidens</i>	10758	8355	264	2643	2155	70	2518	1119	11	140	145	12
<i>Orthocladus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	221	0
<i>Rheocricotopus effusus</i>	52	116	8	41	91	0	204	245	0	262	404	14
<i>Thienemanniella</i> sp.	2926	2606	42	749	562	2	609	372	3	210	189	15
Ógr. Orthoclaadiinae	321	641	0	80	109	2	167	174	0	191	121	9
<b>Chironominae - þeymý</b>												
<i>Micropsectrasp.</i>	805	500	20	187	218	16	5291	2145	28	5563	10807	194
<i>Paracladopelma laminata</i>	0	0	0	51	115	11	0	0	0	0	0	0
SIMULIIDAE (bitmý) - lirfur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106	72	1
<i>Simulium vittatum</i>	43	97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prosimulium ursinum</i>	62	138	2	0	0	0	0	0	0	16	37	0
CERATOPOGONIDAE (lúsmý) - lirfur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	117	15
EMPIDIDAE												
<i>Clinocera stagnalis</i> (strandfluga) - lirfur	0	0	0	64	73	3	214	207	0	441	535	6
MUSCIDAE												
<i>Limnophora riparia</i> (lækjarfluga) - lirfur	291	265	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0
" - flugur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	37	0
<b>CELECERATA</b> - (áttfætlur)												
ACARINA - (vatnamaurar)	139	149	4	935	476	18	247	230	0	111	77	1
ARACHNIDA - (köngulær)	0	0	0	0	0	0	118	212	0	0	0	0
<b>CRUSTACEA</b> - (krabbadýr)												
OSTRACODA - (skelkrabbar)	419	628	17	241	374	10	114	107	2	80	84	2
COPEPODA - (árfætlur)	163	194	2	23	52	4	16	36	0	0	0	0
<b>OLIGOCHAETA</b> - (ánar)	1259	542	21	3712	4191	32	1367	891	8	194	247	0
<b>MOLLUSCA</b> - (lindýr)												
<i>Lymnaea peregra</i> - (vatnabobb)	0	0	0	23	52	0	33	47	0	0	0	0
<b>Meðalþéttleiki botndýra</b>	<b>26590</b>	<b>15482</b>	<b>275</b>	<b>12885</b>	<b>6295</b>	<b>127</b>	<b>17308</b>	<b>4954</b>	<b>52</b>	<b>11661</b>	<b>13814</b>	<b>190</b>
Fjöldi tegunda/hópa	17		16	14		12	15		9	21		14

## Skýldleikatré



12. mynd. Skýldleikatré (klasagreining) fyrir mismunandi sýnatökustöðvar og aðferðir við sýnatöku í Hengladalsá (HEN1-HEN3) og læknum í Sleggjubeinsskarði (SLE1). Fjarlægð: 1 - Pearson's fylgnistuðull, ST: Steinasýni og SP: Sparksýni.

## Lífríki vatna í austanverðum Henglinum

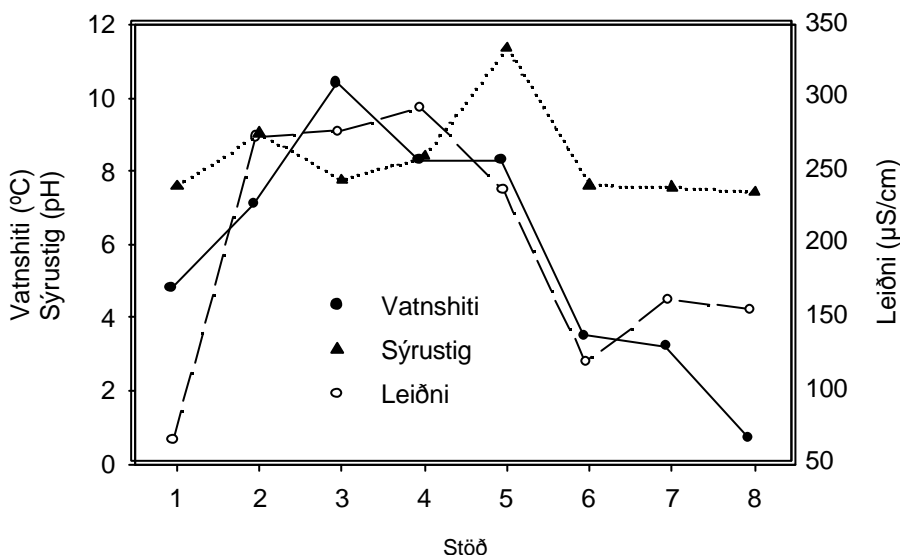
Upplýsingar um eðlis- og efnabætti og lífríki Þverár, Kaldár og Ölfusvatnsár austan við Hengilinn. Áður óbirt gögn frá Hafsteini Gunnarssyni, sem tók sýnin og greindi smádyrin. Jón S. Ólafsson tók saman með leyfi Hafsteins.

Sýnatökur fóru fram snemma í nóvember og í desember 1994. Um var að ræða hefðbundna sýnatöku eins og lýst er í aðferðafræðikafla hér að framan. Miðað var við að sýnatökur væru ofan og neðan þar sem náttúrulegt affalls af hverasvæðum gætti. Hitaáhrifin má sjá ef borinn er saman vatnshiti og lofthiti á mismunandi sýnatökustöðvum (Tafla 3). Áhrif frá jarðhita gætir lítið eða ekkert á stöð 1, líklegt er að kaldavermsl komi inn ofan við stöðina. Neðan við stöð 1 fer jarðhita hinsvegar að gæta, eins og sést á vatnshita á stöðvum 2 og 3 (Tafla 3 og 14. mynd). Hitaáhrifin dvína fljótt, vegna loftkælingar, eftir því sem lengra dregur frá upptökunum. Á stöð 8 var vatnshitinn síðan kominn niður í það sem vænta má miðað við árstíma (14. mynd). Rafleiðni vatnsins var nokkuð lág á stöð 1 sé miðað við

kaldavermsl. Á stöðvum 2-4 var leiðnin komin í tæp 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en lækkaði síðan nokkuð mikið og var komin niður í 153  $\mu\text{S}/\text{cm}$  á neðstu stöðinni (14. mynd). Sýrustigið var á bilinu 7,4 og 11,4, lægst á stöð 8 en hæst á stöð 5. Meðalstraumhraði var á bilinu 0,2 og 0,6 m/s (Tafla 3).

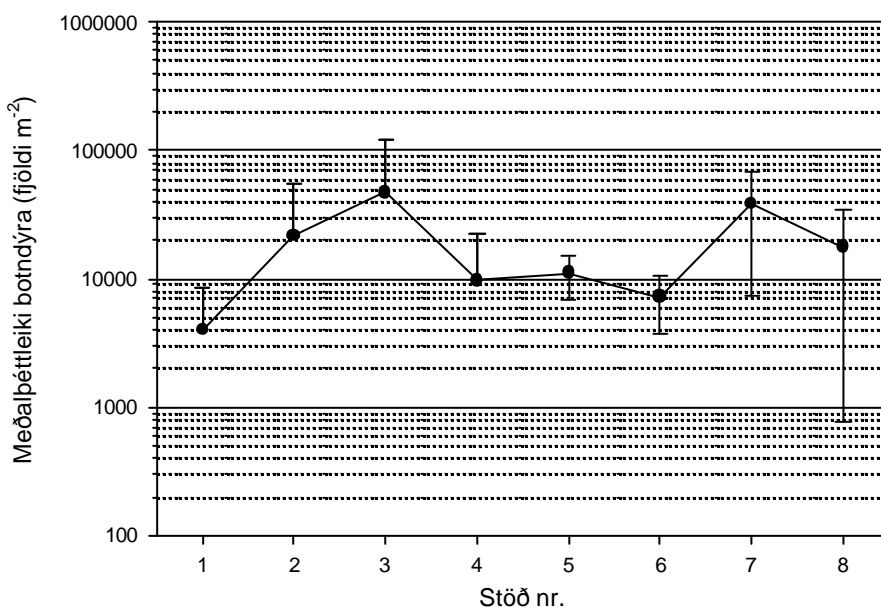
Tafla 3. Upplýsingar um staðsetningar á sýnatökustöðvum auk eðlis- og efnafræði Þverár, Kaldár og Ölfusvatnsár austan til í Henglinum (óbirtar niðurstöður frá Hafsteini Gunnarssyni).

Stöð	1	2	3	4	5	6	7	8
Dagsetning sýnatöku	06.12.94	13.12.94	10.12.94	10.12.94	13.12.94	03.11.94	03.11.94	04.11.94
Tími dags	14:50	14:30	15:45	13:45	12:45	13:30	15:00	10:30
Hnit - Vestlæg breiddargr.	64.03.580	64.03.668	64.03.840	64.04.105	64.04.	64.06.275	64.06.323	64.06.925
Hnit - Norðlæg breiddargr.	021.14.883	021.14.488	021.14.335	021.14.569	021.14.	021.08.844	021.08.853	021.08.127
Staðsetning	Þverá, efst	Þverá, fyrir neðan stíflu	Þverá, c.a. 8 m fyrir ofan foss	Þverá, ofan ármóta	Þverárdalur neðan ármóta	Kaldá	Ölfusvatnsá fyrir neðan Kaldá	Ölfusvatnsá fyrir neðan brú
Breidd (m)	1,80	3,00	2,15	2,95	5,2	5,8	4,0	7,7
Vatnshiti (°C)	4,7	7,0	10,3	8,2	8,2	3,4	3,1	0,6
Lofthiti (°C)	-3,90	-3,30	-5,0	-5,7	-3,6			
Leiðni ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	64	271	275	291	235	117	160	153
Sýrustig - pH	7,59	9,02	7,75	8,4	11,36	7,61	7,56	7,42
Meðalstraumhraði (m/sek)	0,236	0,363	0,598	0,434	0,438	0,388	0,595	0,267



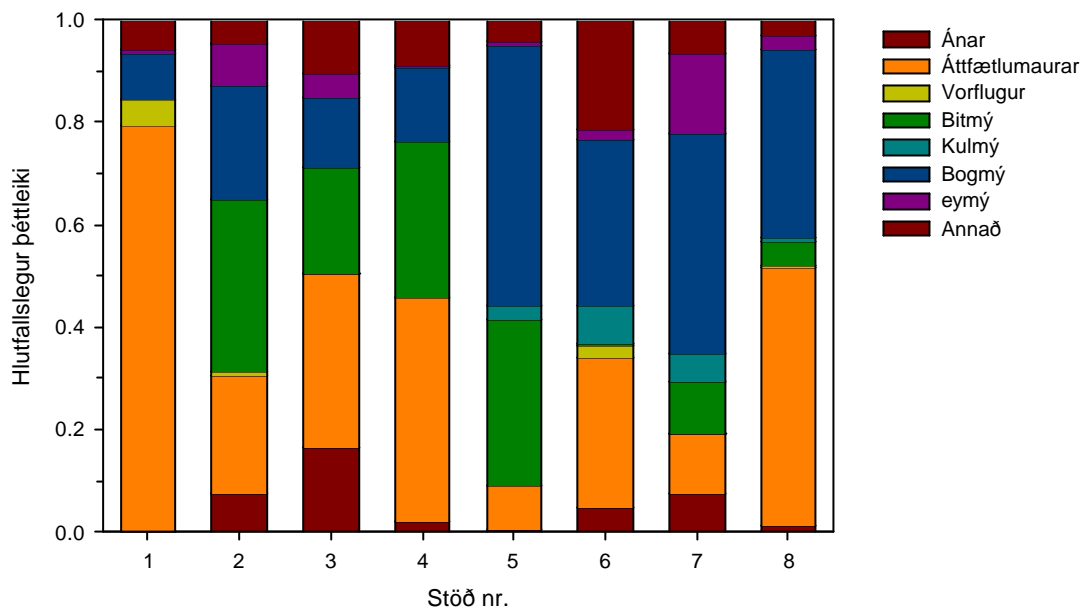
13. mynd. Vatnshiti, sýrustig og leiðni ám í austanverðum Henglinum, í nóvember og desember 1994. Sjá töflu 3 varðandi upplýsingar um staðsetningu stöðva, óbirt gögn frá Hafsteini Gunnarssyni.

Á stöðvum 2, 3, 6 og 7 komu fyrir nokkuð fjölbreytt botndýrasamfélög, en þar var fjölbreytileikinn mestur (28, 31, 34 og 31 tegund/hópur) og minnstur (10 og 12 tegundir/hópar) á stöðvum 1 og 4 (Tafla 4). Meðalþéttleiki botndýra var mestur á stöð 3 (46.855 einst./m<sup>2</sup>) og lítið eitt lægri á stöð 7 (40.136 einst./m<sup>2</sup>). Minnstur var þéttleiki botndýra á stöð 1 (3.980 einst./m<sup>2</sup>) og á stöðvum 4-6, innan við og rúmlega 10 þúsund einstaklingar á fermetra (14. mynd og Tafla 4). Breytileiki í þéttleika milli sýna innan stöðva var mjög mikill, sem bendir til hnappdreifingar lífvera á botninum. Ánar voru mest áberandi á stöð 3 og 7, hlutur þeirra var innan við 10% af heildinni á öðrum stöðvum (15. mynd). Áttfætlumaurar voru ríkjandi á stöð 1 og skipuðu einnig stóran sess á stöðvum 4 og 8 (15. mynd). Hlutur vorflugna var mestur á stöð 1 og 6, en var hverfandi á öðrum stöðvum. Bitmý varð vart á öllum stöðvunum, nema á efstu stöðinni. Þéttleiki þess var mestur á stöðvum 2 og 3 (Tafla 4 og 15. mynd). Af rykmýi var bogmýið mest áberandi á öllum stöðvunum, einkum ættkvíslin *Eukiefferiella*. Kulmý kom bara fyrir á stöðvum 5-7 (Tafla 4). Þeymý fannst á öllum sýnatökustöðvunum, en hlutur þess af heildarþéttleika botndýra var innan við 10%, nema á stöð 7 (15. mynd). Samanlagður hlutur annarra botndýra var innan við 10% af heildarþéttleika botndýra, nema á stöðvum 3 og 6, en um var að ræða vatnabobba (stöð 3), þráðorma og krabbadýr (stöð 6).



14. mynd. Meðalþéttleiki botndýra í ám og lækjum í austanverðum Henglinum, lóðréttar línur gefa til kynna staðalfrávik meðaltalanna.





15. mynd. Hlutföll aðal botndýrahópa í ám og lækjum í austanverðum Henglinum.

Tafla 4. Niðurstöður úr könnun á smádyrum í Þverá, Kaldá og Ölfusvatnsá ausan til í Henglinum í nóvember og desember 1994. Fyrir hverja stöð er gefin meðalþéttleiki dýra (fjöldi á fermetra) úr tíu sýnum auk staðfrákvíks hvers meðaltals. Neðst í töflunni er að sjá upplýsingar um fjölda tegunda eða hópa sem komu fyrir á hverri stöð.

Flokkunareining	Stöð 1		Stöð 2		Stöð 3		Stöð 4		Stöð 5		Stöð 6		Stöð 7		Stöð 8	
	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd
<b>Nematoda - Þráðormar</b>	0	0	328	989	1015	1933	0	0	31	68	696	1513	1115	2628	164	159
<b>Oligochaeta - Ánar</b>																
Naididae - Sundánar	0	0	248	696	0	0	0	0	0	0	0	0	1941	4694	0	0
<i>Nais</i> sp.	11	35	757	1308	3912	7381	31	57	51	127	256	555	0	0	89	189
<i>Nais communis/variabilis</i>	0	0	93	294	1806	4132	14	29	0	0	15	47	28	89	0	0
<i>Nais elinguis</i>	0	0	0	0	446	912	0	0	0	0	47	103	296	935	0	0
<i>Pristina idrensis</i>	0	0	0	0	50	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tubificidae	0	0	0	0	55	125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tubifex</i> sp.	0	0	12	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limnodrilus</i> sp.	0	0	0	0	388	1052	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Peloscolex</i> sp.	0	0	0	0	17	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enchytraeidae - Pottormar	0	0	34	73	302	597	14	45	0	0	6	14	21	66	0	0
Ógreint (Tubificidae/Enchytraeidae)	0	0	527	1064	763	1215	132	357	7	22	25	37	39	123	149	204
<b>Hirudinea - Blódsugur</b>																
<i>Helobdella stagnalis</i>	0	0	0	0	155	234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Crustacea - Krabbadýr</b>																
Ostracoda - Skelkrabbar	17	36	0	0	491	856	0	0	0	0	532	793	270	546	0	0
Copepoda - Árfætlur	0	0	37	81	191	468	17	54	0	0	6	12	174	376	6	17
<b>Mollusca - Lindýr</b>																
<i>Lymnaea peregra</i>	111	116	508	1185	2937	3553	801	1337	209	662	9	28	13	29	0	0
<b>Acarina - Áttfætlumaaurar</b>																
Hydracarini	3141	4131	2062	3657	1385	2612	159	168	375	595	2155	3008	3518	3658	9261	9430
Orbatidae	0	0	2948	4715	14532	29967	4059	10323	572	1328	12	36	20	64	17	54
<b>Insecta - Skordýr</b>																
<b>Collembola - Stökkmor</b>																
<i>Collembola</i>	0	0	0	0	38	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Plecoptera - Steinflugur</b>																
<i>Capnia vidua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	69	70	97	0	0
<b>Trichoptera - Vorflugur</b>																
<i>Limnephilus griseus</i>	0	0	151	399	0	0	0	0	0	0	13	36	27	57	20	43
<i>Limnephilus affinis</i>	0	0	55	121	19	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Apatania zonella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	176	221	6	20	6	21
<i>Potamophylax cingulatus</i>	201	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ógreindar vorf lugulirfur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	22	0	0	0	0
<b>Coleoptera - Bjöllur</b>																
<i>Agabus bipustulatus</i> - brunnskluður	0	0	12	37	14	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Flokkunareining	Stöð 1		Stöð 2		Stöð 3		Stöð 4		Stöð 5		Stöð 6		Stöð 7		Stöð 8	
	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd	meðalt.	sd
<b>Diptera - Tvívængjur</b>																
<i>Clinocera stagnalis</i> - Strandflugur	67	79	23	74	0	0	0	0	22	46	180	206	272	286	375	360
<i>Limnophora riparia</i> - Lækjarflugur	0	0	70	221	85	148	27	69	48	76	8	18	39	123	14	31
Tipulidae - Hrossaflugur	0	0	12	37	0	0	6	18	0	0	6	18	0	0	0	0
<b>Simuliidae - Bitmý</b>																
<i>Simulium vittatum</i>	0	0	7302	8812	9722	10140	2956	3387	3582	2299	24	50	3091	5287	878	1833
<b>Chironomidae - Rykmý</b>																
Tanypodinae - Ránmý																
<i>Macropelopia nebulosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	0	0	0	0
Diamesinae - Kulmý																
<i>Diamesa bertrami</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	198	239	54	95	84	156	17	39
<i>Diamesa bohemani/zernyi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	9	27	196	340	990	863	92	205
<i>Diamesa latitarsis</i> gr.	0	0	0	0	0	0	0	0	61	156	37	62	355	820	0	0
<i>Diamesa</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	43	84	260	247	234	452	17	39
Orthoclaadiinae - Bogmý																
<i>Chaetocladius</i> sp.	0	0	63	102	75	170	8	23	0	0	8	25	0	0	0	0
<i>Chaetocladius piger</i> gr.	0	0	54	130	161	508	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0
<i>Cricotopus cf. sylvestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	41	0	0
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	52	129	659	1109	648	1231	35	43	453	360	52	64	520	688	13	30
<i>Eukiefferiella minor</i>	250	362	3769	6763	4684	8960	1237	1085	4231	3279	1634	1335	9235	6502	6252	9613
<i>Meteriocnemus obscuripes</i>	0	0	0	0	34	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orthocladus (Eudactylocladius)</i> sp.	0	0	11	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orthocladus (Orthocladus) frigidus</i>	42	72	186	462	24	77	7	20	23	74	25	57	29	76	175	208
<i>Orthocladus (O.) oblidens</i>	0	0	0	0	13	42	0	0	12	38	0	0	0	0	0	0
<i>Orthocladus (Pogonocladus) consobrinus</i>	0	0	14	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Orthocladus</i> sp.	0	0	12	38	0	0	0	0	0	0	26	79	448	1022	17	39
<i>Psectrocladus limbatellus</i> gr.	22	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rheocricotopus effusus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	25	495	1144	0	0
<i>Smittia aterrima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	36	0	0
<i>Thienemanniella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	9	29	0	0	0	0	0	0
<i>Thienemanniella</i> sp. B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	29	136	246	0	0
Orthoclaadiinae ógreindar lifur	0	0	121	280	773	1133	70	101	884	1187	629	731	2123	2731	317	330
Chironominae - Peymý																
<i>Micropsectra atrofasciata</i>	28	46	122	172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	361	506
<i>Micropsectra</i> sp.	0	0	1611	4894	1936	3838	41	101	72	163	148	215	4797	11747	92	205
<i>Tanytarsus</i> sp.	0	0	0	0	134	424	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rykmý - ógreindar lifur	0	0	43	79	16	52	13	41	119	212	86	182	0	0	8	25
Rykmý - púpur	37	79	9	28	34	83	13	41	45	63	16	34	74	59	12	26
Rykmý - flugur	0	0	0	0	0	0	0	0	7	22	0	0	0	0	14	29
Meðalþéttleiki	3980	4405	21852	32340	46855	73937	9713	12567	11065	4088	7184	3381	38338	30940	17723	16940
Fjöldi tegunda/hópa	10		28		31		16		19		34		31		21	

## Umræða og ályktanir

Þau straumvötn sem rannsökuð voru á Hellisheiði eru á margan hátt sérstök, einkum af því leyti að upptök vatnanna eru að miklu eða öllu leyti heitar lindir eða affall af háhitasvæðum. Upplýsingar um slík vatnakerfi eru fremur fátæklegar þrátt fyrir að slík vötn séu ekki óalgeng á Íslandi, einkum innan virka gosbeltisins. Þar er að finna vötn sem að öllu jöfnu er með háan styrk uppleystra jóna, sem oft skilar sér í mikilli framleiðslu þessara sömu vatnakerfa (Gísli Már Gíslason o.fl. 1998). Þéttleiki botndýra getur vart talist hár, hvort heldur er í Hengladalsá eða í læknum í Sleggjubeinsskarði, sé miðað við vatnsföll sem upprunnin eru í heitum lindum, sambærileg að stærð og á svipuðum berggrunni (9. og 14. mynd). Þetta á einnig við ef þéttleiki botndýra er borinn saman við mældan þéttleika í Varmá 1977 og 1978 (Gísli Már Gíslason 1980). Hins vegar, er sammerkt með öllum þessum vötnum hve ríkjandi þáttur rykmýsins er í vatnakerfunum. Þetta kemur einnig berlega í ljós bæði í Hengladalsá og í læknum í Sleggjubeinsdal. Bogmý var ríkjandi á öllum stöðvunum í Hengladalsá, en hlutur þeymýs var nokkur á neðstu stöðinni. Í læknum í Sleggjubeinsskarði var það hinsvegar þeymýið sem var ríkjandi botndýr ásamt bogmýinu. Athygli vekur hve hátt hlutfall kulmýs er í læknum, en hlutur þess var fremur lítill í Hengladalsá. Kulmý er algengast í fremur næringarsnauðum ám, s.s. dragám og jökulám eða í fjallalækjum (Jón S. Ólafsson o.fl. 2001, Lods-Crozet 2001). Rykmý innan bogmýsundirættarinnar finnst mjög víða í straumvötnum, til þessarar undirættar heyra margar tegundir með ákaflega margbreytilega útbreiðslu. Þeymýið er hins vegar einkum neðarlega í vatnsföllum, gjarnan þar sem þau flæða um í lygnum á láglandi og þar sem fíngert set hefur náð að setjast til. Farvegur lækjarins í Sleggjubeinsskarði er því dæmi um ákjósanlegt búsvæði fyrir þeymý, einkum ættkvíslina *Micropsectra*. Bogmýstegundirnar sem fundust eru dæmigerðar fyrir straumvötn á Íslandi, með ættkvíslirnar *Orthocladus*, *Eukiefferiella* og *Thienemanniella* ríkjandi (Jón S. Ólafsson o.fl. 2001). Hliðstæðar niðurstöður fengust í rannsókn Hafsteins Gunnarssonar á lífríki vatna austan megin í Henglinum (Tafla 4). Þar var bogmý algengt, einkum ættkvíslin *Eukiefferiella*, sem er dæmigerð ættkvísl í straumvötnum (Jón S. Ólafsson o.fl. 2001). Fjölbreytileiki botndýra var mestur í læknum í Sleggjubeinsskarði (23 tegundir/hópar), en nokkuð lægri í Hengladalsá (16-19 tegundir/hópar). Til samanburðar var fjölbreytileiki



botndýra mun meiri í ám og lækjum í austanverðum Henglinum (niðurstöður Hafsteins Gunnarssonar) en í vötnum sem falla af vestanverðum Henglinum. Hafa ber í huga að Hafsteinn greindi ána og áttfætlumaura til tegunda eða ætta, en við gerðum það ekki. Sé leiðrétt m.t.t. þess er fjölbreytileiki samt sem áður meiri á allflestum stöðvunum austan megin í Henglinum (Töflur 2 og 4). Samsetning botndýrafánunnar er nokkuð frábrugðin á milli svæðanna í austanverðum Henglinum og í Hengladalsá og í Sleggjubeinsskarði. Ólíklegt er að þessi munur stafi af því að rannsóknirnar voru framkvæmdar á mismunandi árstímum.

Þar sem vötn á Hellisheiði og við Hengilinn eru fremur sjaldgæf má í sjálfu sér líta á tilveru þeirra fáu vatna og ferskvatnsbúsvæða þar sem sérstök fyrirbæri, auk tengsla þessara vatna við háhitasvæðin. Þetta á jafnt við hvort heldur þau standi undir gróskumiklu lífríki eður ei. Í lækjum og ám sem eru undir hitavatnsáhrifum má gera ráð fyrir að vöxtur þörunga og efnaskiptahraði lífvera sé mun meiri en almennt gerist í vatnsföllum. Þessi vistkerfi eru líklega einnig eldri en þau köldu, þar sem umhverfis þessi svæði var fyrr íslaut í lok síðustu ísaldar a.m.k. nálægt laugum og hverum. Því má gera ráð fyrir að framleiðni þessara heitu vatnsfalla geti verið mun meiri en vatnsfalla sem koma úr köldum lindum á svipuðum vatnasviðum með tilliti til gróðurfars og landslags. Aukin framleiðni kemur fram í fleiri lífsferlum einstakra tegunda á ári, en ekki er þar með sagt að vötnin kunni að vera mikið frábrugðin öðrum lindavötnum hvað varðar gerðir smádýrasamfélaga. Vegna þess hve lítið varmár og affallsvatn af jarðhitasvæðum hefur verið rannsakað hefur ekki fengist haldbær staðfesting þessa. Vísindalegt gildi þessara vatnakerfa er mikið, ekki síst vegna þess hve sjaldgæf slík vistkerfi eru á heimsvísu. Niðurstöður þessara rannsókna, ásamt fyrri rannsóknarniðurstöðum, benda til þess að fáar tegundir séu einskorðaðar við heita læki, heldur sé um sömu tegundir að ræða og finnast í öðrum gerðum vatnsfalla. Hins vegar gæti lífssaga þessara tegunda verið töluvert mismunandi m.a. með tilliti til vatnshita.

### **Lokaorð**

Vötn á Hellisheiði og við Hengilinn eru ekki algeng. Verndargildi þeirra verður því að teljast nokkuð. Tegundasamsetning botndýra í þeim svipar til þess sem finnst víða annars staðar á landinu. Á landsvísu hafa þau því ekki hátt verndargildi.

Vötn sem eiga upptök sín í jarðhitavatni hafa mikið rannsóknar- og upplýsingagildi. Þessi vötn eru aðallega á eldvirka svæðinu, en finnast einnig annars staðar þar sem eru laugar.

Meðan lífríki þeirra hefur ekki verið skoðað á skiplagðan hátt, er erfitt að skera úr um vísinda- og upplýsingagildi vatna á Hellisheiði og á Hengilssvæði.

Lífríki vatna á Hellisheiði og við Hengil er breytilegt milli svæða. Vötn í austanverðum Henglinum eru tegundaríkari og með meiri þéttleika en í vestanverðum Henglinum. Þau hafa því meira verndargildi. Samanburður við önnur svæði er erfiður vegna skorts á upplýsingum eins og getið er um í inngangi skýrslunnar.

Líkleg áhrif virkjana á vatnalíf á Hellisheiði tengist einkum eftirtöldum atriðum: 1) minnkun á affalli náttúrulegs jarðhitavatns, 2) hvernig fráveitu verður háttáð og 3) breytingar á grunnvatnsstöðu. Þessir þættir gætu dregið úr jarðhitavatni í straumvötnunum vegna lægri grunnvatnsstöðu og aukið þéttivatn sem er með lágan efnastyrk. Þær breytingar sem helst verða er að kulmý mun ná fótfestu í ám og lækjum verði eingöngu kalt vatn í þeim og bogmý verður algengara. Þannig mun vatnalífið verða líkara því sem er í ám sem renna úr köldum lindum.

Á framkvæmdatíma er hætta á raski, því er lagt til að hafa athafnasvæðin sem minnst, eins og Orkuveitan ætlar sér með því að skáborá nokkrar holur frá sama borplani. Meðan á framkvæmdunum stendur er rétt að sem minnt af affalsvatni bætist í straumvötnin.

Verði virkjað á Hellisheiði væri rétt að fylgjast með lífríki þeirra vatna sem verða fyrir breytingum s.s. Draugatjörn og lækjum eða ám sem líklegt er að verði fyrir áhrifum vegna rennslisbreytinga. Slík vöktun þarf ekki að vera tíma- né kostnaðarsöm, einkum ef miðað er við að nota ómagnbundið mat t.d. á botndýrahópum sem líklegir eru að svara hverskonar umhverfisbreytingum á skjótan hátt s.s. rykmý eða vatnamaurar. Lagt er til að slík könnun yrði gerð einu ári eftir að starfsemi hæfist og síðan eftir 5 ár. Þá verði tekin ákvörðun hvort ástæða er til að vakta vistkerfin frekar.

## **Þakkarorð**

Að sýnatöku unnu, auk höfunda, Eyrún Nanna Einarsdóttir, Iris Hansen og Stefán Már Stefánsson, en auk þess sá Eyrún um grófúrvinnslu og Stefán Már aðstoðaði við greiningar á rykmýi. Höfundar eru þeim þakklátir fyrir aðstoðina.

## Heimildaskrá

- Gísli Már Gíslason 1980. Áhrif mengunar á dýralíf í varmám. Náttúrufræðingurinn 50:35-45.
- Gísli Már Gíslason og Vigfús Jóhannsson 1985. Bitmýið í Laxá í Suður-Þingeyjarsýslu. Náttúrufræðingurinn 55:175-194.
- Gísli Már Gíslason, Jón S. Ólafsson & Hákon Aðalsteinsson 1998. Animal communities in Icelandic rivers in relation to catchment characteristics and water chemistry. Preliminary results. Nordic Hydrology, 29:129-148.
- Jón S. Ólafsson, Hákon Adalsteinsson & Gísli Már Gíslason 2001. Classification of running waters in Iceland, based on catchment characteristics. Í: *Classification of Ecological Status of Lakes and Rivers* (ritstj. S. Bäck & K. Karttunen) *TemaNord* 2001: 584: 57-59.
- Lods-Crozet, Brigitte, Valeria Lencioni, Jón S. Ólafsson, Debbie L. Snook, Gaute Velle, John E. Brittain, Emmanuel Castella and Bruno Rossaro 2001. Chironomid (Diptera: Chironomidae) communities in six European glacier-fed streams. *Freshwater Biology* 46: 1791 - 1809.
- Tryggvi Þórðarsson 1981. Varmalindir, Hvítársíða, Hálsasveit og innanverður Reykholtisdalur. Náttúruverndarkönnun. Náttúruverndarráð, fjölrít nr. 10, 77 bls.
- Tuxen, S.L. 1944. The hot springs of Iceland; their animal communities and their zoogeographical significance. *The zoology of Iceland*, vol. 1, part 11, 206 bls.

## FJÖLRIT LÍFFRÆDISTOFNUNAR

1. Agnar Ingólfsson, Arnþór Garðarsson og Sveinn Ingvarsson. 1972. *Botndýralíf í Akureyrarpolti, könnun í marz 1972.*
2. Arnþór Garðarsson, Jónbjörn Pálsson og Agnar Ingólfsson. 1974. *Könnun og kortlagning lífríkis í suðurhluta Leiruvogs nærri Reykjavík.*
3. Agnar Ingólfsson og Svend-Aage Malmberg. 1974. *Vistfræðilegar rannsóknir í Hvalfirði, Borgarfirði og Hraunfirði. Yfirlitsskýrsla.*
4. Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson. 1975. *Forkönnun á lífríki Laxárvogs, Álftafjarðar og Öndarfjarðar.*
5. Agnar Ingólfsson og Jón G. Ottósson. 1975. *Rannsóknir á umferð fugla við Keflavíkurlugvöll.*
6. Sveinn Ingvarsson. 1976. *Skýrsla um gagnasöfnun vegna hugsanlegrar mengunar af völdum járnblendiverksmiðju.*
7. Arnþór Garðarsson, Agnar Ingólfsson og Jón Eldon. 1976. *Lokaskýrsla um rannsóknir á óshólmasvæði Eyjafjarðarár 1974 og 1975.*
8. Agnar Ingólfsson. 1976. *Forkönnun á lífríki Gilsfjarðar, Þorskafjarðar, Djúpaþfjarðar, Gufufjarðar og nærliggjandi fjarða.*
9. Arnþór Garðarsson og Kristín Aðalsteinsdóttir. 1977. *Rannsóknir í Skerjafirði. I. Botndýralíf.*
10. Agnar Ingólfsson. 1977. *Rannsóknir í Skerjafirði. II. Lífríki fjöru.*
11. Agnar Ingólfsson. 1978. *Greiningarlykill yfir stórkabba (Malacostraca) í fjörum.*
12. Arnþór Garðarsson, Ólafur K. Nielsen og Agnar Ingólfsson. 1980. *Rannsóknir í Öndarfirði og víðar á Vestfjörðum 1979. Fuglar og fjöru.*
13. Agnar Ingólfsson, Anna Kjartansdóttir og Arnþór Garðarsson. 1980. *Athuganir á fuglum og smádýralífi í Skarðsfirði.*
14. Kristín Aðalsteinsdóttir og Arnþór Garðarsson. 1980. *Botndýralíf í Hvalfirði.*
15. Agnar Ingólfsson og Árni Einarsson. 1980. *Forkönnun á lífríki Nýpslóns og Skógalóns við Vopnafjörð.*
16. Agnar Ingólfsson og Guðmundur Víðir Helgason. 1982. *Athuganir á lífríki Skógalóns við Vopnafjörð.*
17. Hörður Kristinsson, Bergþór Jóhannsson og Eyþór Einarsson. 1983. *Grasafræðirannsóknir við Hvalfjörð.*
18. Gísli Már Gíslason. 1983. *Könnun á dýralífi í Eiðisvatni, Borgarfjarðarsýslu.*
19. Jón Eldon. 1983. *Pungmálmar í mosa, jarðvegi og regnvatni í nágrenni Grundartanga 1978 og 1979.*
20. Guðni Á. Alfreðsson, Jakob K. Kristjánsson og Guðmundur Eggertsson. 1984. *Líftækni á Íslandi, kynning á líftæknilögri örverufræði og erfðatækni.*
21. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1984. *Þjórsárver. Gróður og jarðvegur og áhrif Kvíslaveitu.*
22. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1985. *Þjórsárver. Vistfræðirannsóknir 1984.*
23. Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson. 1986. *Fuglaathuganir í Dýrafirði 1985.*
24. Agnar Ingólfsson. 1986. *Fjörulíf í innanverðum Dýrafirði.*
25. Jörundur Svavarsson og Arnþór Garðarsson. 1986. *Botndýralíf í Dýrafirði.*
26. Agnar Ingólfsson og Jörundur Svavarsson. 1989. *Forkönnun á lífríki Gilsfjarðar.*
27. Agnar Ingólfsson. 1990. *Rannsóknir á lífríki fjöru umhverfis kerbrotagryfjur í Straumsvík.*
- 27b. Agnar Ingólfsson. 1990. *A survey of intertidal organisms around dumping pits for pot linings at Straumsvík, southwestern Iceland.*
28. Jörundur Svavarsson. 1990. *Studies on the rocky subtidal communities in vicinity of a dumping pit for pot linings at Straumsvík, southwestern Iceland.*
29. Agnar Ingólfsson. 1990. *Athuganir á rauðbrystingum í Gilsfirði í maí 1990.*
30. Guðmundur Víðir Helgason og Jörundur Svavarsson. 1991. *Botndýralíf í Þerneyjarsundi.*
31. Agnar Ingólfsson. 1991. *Athuganir á lífríki fjöru við Álfsnes.*
32. Einar Árnason. 1991. *Rýnt í skýrslur Hafrannsóknarstofnunar.*



33. Einar Árnason, Snæbjörn Pálsson, Aðalgeir Arason og Vilhjálmur Þorsteinsson. 1992. *Stofngerð Þorsks (Gadus morhua) við Ísland og víðar metin með breytileika í DNA orkukorna (mtDNA).*
34. Jörundur Svavarsson, Guðmundur V. Helgason og Stefán Á. Ragnarsson. 1991. *Rannsóknir á lífríki klettbotns neðansjár í Hraunsvík við Hafnarfjörð.*
35. Einar Árnason og Snæbjörn Pálsson. 1992. *Skerðibútagreining á mtDNA bleikju, lax og urriða.*
36. Jörundur Svavarsson og Halldóra Skarphéðinsdóttir. 1993. *Vansköpun af völdum tríbútyltinmengunar hjá íslenskum nákuðungum.*
37. Jörundur Svavarsson. 1995. *Tributylin in the marine environment, with special reference to Nordic waters. - A literature survey.*
38. Gísli Már Gíslason, Guðrún Lárusdóttir, Hákon Aðalsteinsson, Ólöf Ýrr Atladóttir og Þóra Hrafnadóttir. 1996. *Dýralíf austan Hágangna og í Vonarskarði. Könnun í ágúst 1996. Skýrsla til Landsvirkjunar.*
39. Anne-Charlotte Fasquel, Hlynur Sigurgíslason, Gunnar Gunnarsson og Einar Árnason. 1997. *Mitochondrial cytochrome b DNA sequence variation of Atlantic cod, Gadus morhua, from Greenland and Ísafjarðardjúp, Iceland.*
40. Arnþór Garðarsson. 1997. *Fjöldi heiðagæsar í Þjórsárverum 1996.*
41. Jón S. Ólafsson, Guðrún Lárusdóttir og Gísli Már Gíslason. 1998. *Botndýralíf í Elliðaánunum.*
- 42a. Gísli Már Gíslason. 1998. *Áhrif kerbrotagryfja á lífríki í Straumsvík.*
- 42b. Gísli Már Gíslason. 1998. *The environmental impact of dumping pits for potlinings and filterdust from ISAL aluminium smelter at Straumsvík.*
43. Guðmundur V. Helgason, Jón S. Ólafsson og Arnþór Garðarsson. 1998. *Lífríki við Hvaleyri.*
44. Jörundur Svavarsson. 1999. *Vansköpun af völdum tríbútyltins hjá nákuðungi (Nucella lapillus) við Íslandsstrendur.*
45. Gísli Már Gíslason. 1999. *Áhrif lóns á vatnalíf á áhrifasvæði Norðlingaölduveitu.*
46. Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 1999. *Forkönnun á lífríki fjöru við iðnaðarlóðina Hraun í Reyðarfirði.*
47. Agnar Ingólfsson. 1999. *Rannsóknir á lífríki í Kolgrafafirði. Fuglar, fjörur og sjávarbotn.*
48. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1999. *Kolgrafafjörður. Rannsóknir á flóru og gróðri.*
49. Jörundur Svavarsson. 1999. *Forkönnun á lífríki botns neðan fjöru við iðnaðarlóðina Hraun í Reyðarfirði.*
50. Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 1999. *Lífríki í grýttum fjörum milli Geldinganes og Gunnunes. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
51. Agnar Ingólfsson. 1999. *Lífríki í leirum í Leiruvogi og við Blikastaði. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
52. Jörundur Svavarsson. 2000. *Botndýralíf við mynni Leiruvogs. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
53. Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson. 2000. *Rannsóknir á lífríki við Borgarnes: leirur, fitjar, gróður á landi og fuglar.*
54. Jón S. Ólafsson, Gísli Már Gíslason, Sesselja G. Sigurðardóttir og Stefán Már Stefánsson. 2001. *Botndýr í Úlfarsá: Könnun í maí 1999. Unnið fyrir Borgarverkfræðinginn í Reykjavík.*
55. Karen Jenný Heiðarsdóttir og Eva Benediktsdóttir. 2001. *Culture media for optimal isolation of Moritella viscosa from Atlantic Salmon (Salmo salar) with winter ulcer.*
56. Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson. 2001. *Lífríki Hnífár í Þjórsárverum. Könnun gerð í ágúst 2001.*
57. Arnþór Garðarsson. 2002. *Landnotkun heiðagæsar á grónu landi í sunnanverðum Þjórsárverum.*
58. Arnþór Garðarsson. 2002. *Könnun á fuglalífi á Hengli og Hellisheiði vorið 2001.*

23-07-03

## **Hellisheiðarvirkjun jarðfræðilegar aðstæður á virkjanasvæði**

Hér að neðan verðu gerð grein fyrir jarðfræðilegum aðstæðum á svæði Hellisheiðarvirkjunar. Þar er um að ræða þrjú meginatriði sem varða 1) grundun og staðsetningu mannvirkja með tilliti til sprungna, 2) áhættuþætti og 3) ábendingar varðandi jarðfræðilegar menjar sem síst skyldi spilla. Stuttlega er auk þess fjallað um aðveitu kalds vatns til varmaskipta og losun affallsvatns frá virkjuninni, þó aðeins það sem snýr að landinu sem lagnir myndu liggja um. Sérstök rannsókn hefur verið gerð á grunnvatnsaðstæðum á stóru landflæmi umhverfis virkjanasvæðið (Verkfræðistofan Vatnaskil).

### **1. Staðsetning mannvirkja og grundun með tilliti til jarðmyndana og misgengja**

Jarðmyndanir neðan Hellisskarðs og á Hellisheiði eru ekki þær sömu, og ólíku gegnir einnig um misgengisprungur.

#### *1.1 Aðstæður neðan Hellisskarðs*

Virkjunarsvæði neðan Hellisskarðs er hér hugsað frá Dauðadal inn í Sleggjubeinsdali. Ungt móberg og bólstraberg er í fellunum austan þess og í smáholti sunnan við holu KhG-1, en hraunslétta vestan við, kafin í malarframburði ofan úr Hamragili og Sleggjubeinsskarði. Eldfornt grágrýti og ísúr breksíumyndun eru norðan við hraunsléttuna vestan við Sleggjubeinsdali. Útbreiðsla þessara myndana er sýnd á mynd 1, sem er úrdráttur úr jarðfræðikorti af Hengilssvæðinu (Kristján Sæmundsson o.fl. 1995).

Hraun hafa runnið niður yfir virkjanasvæðið neðan Hellisskarðs báðum megin við Þverfell (Hellisskarð er sunnan þess) og ofan af Skarðsmýrarfjalli niður Hamragil. Þar er fyrst og fremst um að ræða Hellisheiðarhraun B/C sem er um 5800 ára gamalt. A-hraunið, sem er um 10.000 ára, hefur líkast til einnig runnið þangað, niður Hellisskarð því það kemur fram í háum stalli skammt ofan þess og ólíklegt að það hafi endað þar. Ekki er vitað hvar norðurjaðarinn á hrauninum liggur undir mölinni, og á kortið er hann dreginn eftir ágiskun. Í holu KH-1 frá 1949 (97 m djúp) er ekki hraun, og er jaðarinn teiknaður skammt sunnan við hana. Framburðurinn er um 2 m þykkur á þeim eina stað sem grafið hefur verið niður á hraun í námunni neðan við Hamragil. Þykkt B/C-hraunsins er ekki þekkt. Undir því má reikna með meiri framburði og síðan ísaldarruðningi áður en kemur í fast berg. Ísaldarruðningurinn stingur sér upp úr í tveim hólkollum niður undan Hellisskarði (merktir j á mynd 1). Annar þeirra er Kolviðarhóll. Neðan við Hellisskarð myndi A-hraunið liggja á milli ísaldarruðningsins og framburðar úr giljunum. Þegar kemur að því að velja stað og kanna grundun fyrir mannvirki þurfa gröftur og boranir að koma til.

Misgengi með NV-SA-stefnu liggja niður Sleggjubeinsdal (myndir 1 og 2). Fall á þeim er til suðausturs. Aðallega er um tvö misgengi að ræða. Færsla á vestra misgenginu nemur um 200 m sem sést á hæðarmun Húsmúla-basaltsins vestan við dalinn (mynd 1) og dýpi á það í borholum KhG 1 og HE-8. Á því eystra nemur færslan 10-20 m í miklu yngri myndunum.

Misgengin hafa hreyfst á nútíma, sem m.a. sést af því að það eystra brýtur B/C-hraunið neðan við Hellisskarð. Spildan milli misgengjanna er um 400 m, þannig að gott svigrúm er til að koma mannvirkjum fyrir án þess að byggja ofan á eða mjög nærri þeim.

Á kortinu (mynd 2) eru sýndar allmargar sprungurósir. Þær voru mældar í góðum móbergsopnum. Ekki eru allar sprungur afleiðing höggunar. Ísfarg og hreyfing í móbergsbingjunum sjálfum áður en hörðnuðu, kemur þar einnig við sögu, einkum í bratta. Þær má því ekki yfirfæra beint á jarðhniðið. NA-SV-stefnan kemur misjafnlega sterkt fram og oftast brestir sem standa þvert á. Norð-suðlæg og ANA-VSV-læg stefna í Skarðsmýrarfjalli og suðvestur þaðan kann að endurspegla spennusvið skjálftabeltisins.

## *1.2 Aðstæður ofan Hellisskarðs*

Virkjanasvæði ofan Hellisskarðs takmarkast að norðan af Skarðsmýrarfjalli, en að suðvestan af Reykjafelli. Þverfell er á vesturmörkum þess, lágar öldur sem myndu falla undir athafnasvæðið. Fellin eru úr bólstrabergi (Skarðsmýrarfjall) og móbergi (Þverfell og Reykjafell). Austur af fellunum breiðast Hellisheiðarhraunin og á þeim er mestallt virkjanasvæðið, báðum megin við gígaraðirnar þar sem þau komu upp. Vesturhluti þess er á B/C-hrauninu (merkt hvh á kortinu, mynd 1) og innan um gígana í því, en austurhlutinn er á D-hrauninu (um 2000 ára, merkt nsh á kortinu, mynd 1). Gígarnir þar sem D-hraunið kom upp eru nærri vesturjaðri hraunsins. A-hraunið (um 10.000 ára) er undir a.m.k. stórum hluta virkjanasvæðisins. Í það sést ofan við Hellisskarð (merkt hea á kortinu, mynd 1) og Gígahnúk, stærsti gígur Hellisheiðarhraunanna, tilheyrir A-hrauninu að hálfu. B/C og A-hraunin eru samanlagt 75 m þykk í holu HE-7 (Sigurður Sv. Jónsson o.fl. 2003). Í holu HE-9 er D-hraunið efst, aðeins fáeinir metrar en holan er við jaðarinn á því, en B/C hraunið undir. B/C- og D-hraunin eru úr gropnu, smáhólóttu helluhrauni hér næst gígunum, en austar þar sem D-hraunið er einrátt á yfirborði, er það að hluta til apall. B/C- og D-hraunin eru samsett úr flæðieiningum sem eru nokkrir metrar á þykkt. Lítil jarðvegur er á þeim, helst í smábollum. Framburður hefur borist út á þau næst brekkunum úr giljum í Skarðsmýrarfjalli. Jarðhita verður hvergi vart í hraununum utan á einum stað austur af holu HE-3, en nokkur ummyndun sést í gígunum, einkum í B/C-gígunum og í Gígahnúk, þar sem mest hefur verið kroppað af efni úr þeim (mynd 2).

Á virkjanasvæðinu ofan Hellisskarðs er misgengi aðallega að finna vestast og austast (myndir 1 og 2). Stefna þeirra er NA-SV. Vestan megin eru þau í Reykjafelli og Þverfelli og við gígaraðir B/C-hraunsins. Fall á misgengjunum þeim megin er til austurs, í átt að meginsiginu sem fylgir gígaröðunum. Austan megin liggur skari af misgengjum yfir Skarðsmýrarfjall með falli til vesturs. Misgengin nema tugum metra í fjallinu, en þeirra verður lítið sem ekki vart í D-hrauninu sunnan þess. Milli vestur- og austur-misgengjanna er rúmlega 1 km breið spilda í Skarðsmýrarfjalli þar sem misgengi sjást ekki. Sama gegnir um hraunasvæðið sunnan fjallsins. Þar sjást þau í eldri hraununum milli Smiðjulautar og gígaraðar B/C-hraunsins. Enginn staður á hraununum er öðrum líklegri til að standa af sér hraunrennsli. Utan þeirra kæmi helst til greina aldan austan í Þverfelli, en hún er heldur hærri en hraunin, um 300 m vestan við B/C-gígana.

## *1.3. Kaldavatns- og affallsveitur*

Kalt vatn til varmaskipta verður sótt upp að Engidalskvísl vestur af Engidal og Húsmúla. Á því svæði er framburður úr kvíslinni yfir öllu, en smáholt úr grágrýti þó upp úr hér og þar. Töluvert sunnan við kvíslina er komið í Svínahraun, en nyrst er það á kafi í framburðinum.

Svínahraun er smádældótt helluhraun, lítt gróið nema á völlum (Norðurvellir og Bolavellir). Fjórar aldursgreiningar á því (ganga undir nafninu Leitahraun) gefa aldur þess 5350 ár. Kaldavatnsaðveita myndi liggja á þessu hrauni, líklega meðfram vesturjaðrinum á Bolavöllum suður að Suðurlandsveginum gamla og síðan eftir, eða meðfram honum.

Affallsvatn yrði væntanlega leitt frá virkjuninni suður undir Þrengsli þar sem því yrði veitt í jörð um borholur. Mestan hluta þeirrar leiðar lægi lögnin á Hellisheiðarhrauni D (~um 2000 ára) og síðasta spölinn meðfram Svínahraunsbruna (frá árinu 1000) og á honum þegar kæmi að förgunarsvæðinu. Bæði þess hraun eru mosagróin.

## 2. Áhættuþættir varðandi Hellisheiðarvirkjun

Áhættuþættir eru ekki alveg þeir sömu fyrir virkjun neðan Hellisskarðs og á Hellisheiði sjálfri. Hætta sem steðjað gæti að mannvirkjum er líklega helst sú að ofanföll gætu lent á holutoppum og lögnum í Sleggjubeinsdölum, en fráleitt ofan Hellisskarðs. Fjarlægari er háski af völdum harðra jarðskjálfta, sprunguhreyfinga og eldgoss þar sem slík ólukka er fátíðari. Borholur gætu skemmst við sprunguhreyfingar og eldgos, en tæpast við jarðskjálfta. Lítil hætta er hins vegar á að þær yrðu fyrir skakkaföllum við innflæði kvikugasa í jarðhitakerfið samfara eldgosu. Hér að neðan skal nánar um þetta fjallað.

### 2.1. Hætta af völdum ofanfalla

Minni háttar *snjóflóð* hafa fallið úr brekkunum austan við Sleggjubeinsdali og skemmt hús og skíðalyftu (Hamragil). Hugsanlega mætti búast við einhverju álíka ofan úr Sleggju og Skarðsmýrarfjalli, innan við holur HE-5 og -8. Við val á borstæðum og lagnaleiðum þarf að hafa þetta í huga ef borað verður inni í giljum eða þar neðan undir sem brattast er. Í Sleggjubeinsdölum blasir við að töluvert *aurrennsli* er úr hliðum og sérstaklega fram úr giljum, einkum Hamragili. Þykk aurkeila er fram undan Sleggjubeinsskarði, en lækurinn þaðan rennur gegnum hana í djúpum skorningi. Hann er gróinn fram á barma og engin merki um að aurrennsli hafi náð að flóa upp úr honum um aldir fyrr en kemur niður fyrir holu KhG-1. Úr Hamragili hefur aur borist niður á jafnsléttu og myndar lítt gróna malarbreiðu framundan því. Þar er hraun undir sem í sér hér og þar í gilinu og í botninum á malarnámu framan við það. Algengt er að lækurinn hlaupi upp í vatnsveðrum eða leysingu og ber þá með sér efni úr auðrofnu bólstrabergi gilveggjanna. *Framhlaup* hefur fallið úr Skarðsmýrarfjalli ofan í Sleggjubeinsskarð. Það nær a.m.k. suður á móts við holur HE-5 og -8, en það er gamalt og hverfur í aur sem síðar hefur borist fram. Varasamt gæti verið að staðsetja borholur á framhlaupinu því hæg hreyfing gæti verið í því sem algengt er í slíkum myndunum. Segja má að flest sé týnt til ef *grjóthrun* er nefnt. Hætta af slíku er helst í Dauðadal, ef koma skyldi til þess að þar yrði borað.

### 2.2. Hætta af völdum jarðskjálfta

Yfirborðsmannvirki og borholur eru í sigdældinni sem liggur til suðvesturs frá Hengli. Virkar sigsprungur ná yfir 4-5 km breitt belti milli Húsmúla að vestan og Litla-Skarðsmýrarfjalls að austan. Lítið er um jarðskjálfta með upptök í þessari virku sprungurein sunnan Hengils, en aðallega eru það smáskjálftar. Smáskjálftahrinur eru vel þekktar norðaustar, utan við virku sigsprungurnar, og eins vestan við Hengil og Húsmúla. Síðasta hrina gekk yfir svæðið austur af Hengli á árunum 1994-1999 með um 90.000 skjálftum, öllum smáum. Sú lét Hengilsreinina nánast ósnerta. Undir lok hrinnunnar (1998)



urðu þó tveir skjálftar af stærð rúmlega 5 (Richter) með upptök sunnan við aðalskjálftasvæðið. Þeir voru í ætt við Suðurlandsskjálfta. Í öðrum þeirra rifnaði upp gömul sprunga vestarlega á Bitru. Líklega hefur smáskjálftahrina gengið yfir á sömu slóðum á árunum 1953-1955 með stærstu skjálftum einnig rúmlega 5. Sé leitað lengra aftur verða fyrir alltíðir skjálftar sem fundust í Hveradölum á árunum 1931-1935 en komu yfirleitt ekki fram á mælum. Þeir enduðu með skjálfta árið 1935 sem talinn er hafa verið af stærð 6. Upptök hans voru 3 km frá Skíðaskálanum í Hveradölum, nánar tiltekið nærri Stórameitli. Allharðir eftirskjálftar urðu vikuna á eftir. Staðsetning á þeim tíma var ekki eins nákvæm og nú. Þessi hrina virðist hafa átt upptök í sprungusveimnum sjálfum. Páll Halldórsson og Ragnar Stefánsson (1986) mátu spennuútlausn í henni meiri en í hrinunni 1953-1955.

Suðurlandsskjálftar vestan til í Ölfusi og austast á Reykjanesskaga verða líklega ekki mikið yfir 6 að stærð. Upptök slíkra skjálfta yrðu sunnan við virkjanasvæðið, en sprungur gætu teygst norður á móts við það. Búast má við að áhrifa í tengslum við yfirstandandi Suðurlandsskjálfta muni gæta harkalega á Hengilssvæðinu ef/þegar þeir færast vestur í Ölfus á næstu árum.

### 2.3. Hætta af völdum sprunguhreyfinga

Sprunguhreyfingar í virku sprungureininni verða í tengslum við gliðnunarrykki, en þeir ganga yfir á nokkur hundruð ára fresti. Þess á milli er landið nánast kyrrt utan hvað hæg lárétt og lóðrétt hreyfing á mm-skala þr árf hefur komið fram í mælingum sem ná yfir 10 ára tímabil (Gunnar Þorbergsson 2003). Hallabreytingar á landi af völdum þessa eru líkast til minni en svo að skipti máli fyrir róterandi gufuhverfla.

Gliðnunarrykkirnir eru annars eðlis. Í þeim verður snögglega lárétt og lóðrétt hreyfing sem nemur tugum cm og jafnvel metrum. Tíðni slíkra viðburða í Hengilskerfinu er ekki þekkt. Síðast urðu brotahreyfingar af því tagi árið 1789. Ekki er vitað hvort sprunguhreyfingarnar náðu þá til Hengilskerfisins alls. Víst er að landspilda í sprungureininni norðaustan Hengils gliðnaði og seig um nokkra metra milli Nesja og Vatnskots. Jarðhræringar urðu einnig í Selvogi og ollu húshruni, en slíks er annars aldrei getið úr því plássi. Um Helligheiði er það eitt vitað að þar lifnaði yfir hverum (Þorvaldur Thoroddsen 1899, Vigfús Guðmundsson 1950, Finnur Sigmundsson 1952). Jarðhræringar þessar urðu í kjölfar Suðurlandsskjálftanna 1784. Það eina sem finnst í gömlum heimildum og bent gæti til álíka atburða er í nokkrum “gömlu annálanna” (Storm 1888), við árið 1339, en þar segir: “Kom upp hver í Henglafjöllum 10 faðma á hvern veg þar sem áður var slétt jörð. Víðara komu og upp hverar fyrir sunnan land”. Hverabreytingar þessar fylgdu miklum Suðurlandsskjálfta. Stærð Þingvallasigsins (um 40 m) og sigsins sem þar varð 1789, um 2,5 m (Kristján Sæmundsson, 1992) leyfir varla nema tvenn slík umbrot á hverjum þúsund árum. Í umbrotunum 1789 náði sigið til spildunnar milli Almannagjár og Hrafnagjár. Sunnan vatnsins er ekki vitað hversu breitt stykki seig, en meginsigið hefur þá legið frá Hestvík suður í Dyrafjöll. Líklegasta svæðið til að svara í umbrotum sem þessum er spildan milli Sleggju og austanverðs Skarðsmýrarfjalls, en ás mesta sigs fylgir gígaröðunum suðvestur frá því.

Við staðsetningu mannvirkja þarf að taka tillit til misgengissprungna. Ekki tjáir að byggja ofan á þeim. Neðan við Helligskarð eru um 400 m á milli sýnilegra misgengissprungna og því gott svigrúm til að velja byggingum stað. Ofan við Helligskarð er fátt um misgengi þegar kemur austur fyrir Þverfell og Reykjafell. Þau eru ekki sýnileg í Skarðsmýrarfjalli á rúmlega eins km breiðu bili næst gossprungunum, og því síður í hraununum suðvestan við fjallið. Staðsetning bygginga þar ræðst því ekki af misgengjum, nema að því leyti að

“langhús” ættu að snúa eins og þau. Gossprungurnar eru annar handleggur og kemur næst að þeim.

Varðandi sjálfar borholurnar gætu þær klippst í sundur ef hreyfing yrði á misgengjum, einkum skáholurnar sem beinlínis var stefnt að þeim.

#### 2.4. Hætta af völdum eldgosa

Sprunguhreyfingar eins og 1789 verða varla nema til komi jafnframt kvikuinnskot í formi gangs eða ganga sem ekki náðu til yfirborðs. Atburðarásin 1789 sem stóð yfir af mestum ákafa í 5 daga (Vigfús Guðmundsson 1955) líktist upphafshrinum Kröfluelda. Kvika hefur þá flætt greiðlega svo dögum skipti norðaustur undir Þingvallavatn og Þingvallalægðina þar sem hún safnaðist fyrir. Kvikuhreyfingar af þessu tagi eru líkast til algengari en eldgosin sjálf. Móbergsrík berglög (létt), gropin og lek hraun- og bólstrabergslög (vatnsleiðandi) geta virkað sem yfirborðstálmi og hindrað kviku í að ná til yfirborðs (Walker 1974). Uppsöfnuð togspenna í berginu skapar auk þess rými fyrir umtalsvert kvikumagn þegar losnar um. Allt sem þar er fram yfir hlýtur að brjótast út í lagganga eða flæða upp til yfirborðs.

Í suðvestur-sprungurein Hengilskerfisins hefur gosið þrisvar sinnum á nútíma, þ.e. á síðustu 11.000 árum. Hraunin hafa verið aldursgreind með C-14-aðferð (Jón Jónsson 1975, 1977, 1983 og 1989). Þau eru almennt kölluð Hellisheiðarhraun og voru lengi talin fjögur (Trausti Einarsson 1951, Þorleifur Einarsson 1960, Jón Jónsson 1989). Táknin A, B, C og D eru frá Trausta Einarssyni (1952) Margar hraunbrúnir í miðhrauninu hafa villt fyrir. Upptök hraunnanna eru á um 1 km breiðri spildu nærri miðri sigdældinni.

Tafla 1. Aldursgreiningar á Hellisheiðarhraunum

	C-14 tala	Aldur	Heimild
<b>Hellisheiðarhraun D</b>	1857 ±87	~1850 ára	Jón Jónsson 1975
	2025±65	~2000 ára	Jón Jónsson 1983
<b>Hellisheiðarhraun B/C</b>	4935±65	~5800 ára	Jón Jónsson 1977
<b>Hellisheiðarhraun A</b>	9240±140	~10200 ára	Jón Jónsson 1989

Við töfluna er því að bæta að nýjar aldursgreiningar á D- og B/C-hrauninum (óbirtar) gefa sama aldur og reyndar bæði 1850 og 2000 ára aldur á D-hrauninu.

Gosin dreifast ójafnt í tíma (tafla 1). Um 1850-2000 ár eru liðin frá síðasta gosi á Hellisheiði, um 3800 ár eru frá því gosi í næsta gos þar á undan, og síðan eru 4400 ár aftur í fyrsta gosið á nútíma. Síðast gaus í nágrenninu árið 1000. Þá rann Svínahraunsbruni. Upptök hans eru í næstu sprungurein vestan Hengils, í Bláfjallareininni sem svo er kölluð.

Vart eru tók á að velja mannvirkjum stað ofan Hellisskarðs þannig að þau yrðu örugg fyrir hraunrennsli. Það er fremur gerlegt neðan Hellisskarðs.

Aðalborsvæðið ofan Hellisskarðs er í kringum gossprungurnar. Þar gætu gangainnskot, hvort sem væri í tengslum við kvikuhlaup í gliðnunarhrinu eða eldgos komist í borholur og stíflað þær.

## 2.5. Hætta á mengun af völdum kvikugasa

Í Kröflueldum mengaðist jarðhitakefið í Kröflu að hluta til af völdum kvikugasa (SO<sub>2</sub> og CO<sub>2</sub>). Mengunin var staðbundin, náði ekki til Suðurhlíða og Hvíthóla og ekki niður í Bjarnarflag. Samt náðu kvikuhlaup þangað og stífluðu borholur og kvika kom upp úr einni þeirra. Rót kvikuhlaupa á Hengilssvæðinu er væntanlega undir Hengli sjálfum og mest hætta á mengun jarðhitakerfisins af kvikugösum þar, ef kvikuþró væri undir. Miðað við reynsluna frá Kröflu virðast litlar líkur á að jarðhitakerfið undir Hellisheiði og í Sleggjubeinsdölum myndi mengast við kvikuhlaup, því þar er komið langt frá því svæði þar sem mestar líkur eru á að kvikuþró myndi búa um sig. Í mælingum kemur fram undir Hengli sunnanverðum lággraðamassi milli háhraðamassa undir Grændal og Húsmúla, alls staðar ofan 5 km dýpis. Foulger (1989) túlkar háhraðamassana sem gabbróinnskot (storknaðar kvikuþrær), og lággraðamassann sem hugsanlega hlutbráð og jafnframt varmagjafa eða hluta þess varmagjafa sem kyndir undir jarðhitakerfinu.

## 3. Ábendingar varðandi náttúruminjar á virkjanasvæðinu og í nágrenni þess

Töluverð not önnur en beit og umferð hafa verið af virkjanasvæðinu og nágrenni þess áður en umsvif Orkuveitunnar komu til. Þar var komið upp fjölda skíða- og skátaskála (þrír neðan Hellisskarðs, fimm við Skarðsmýrarfjall). Skíðalyftum var komið fyrir og vegar slóðar lagðir. Gjall hefur verið tekið úr flestum norðurgígum B/C-hraunsins og suðurgígum D-hraunsins. Háspennulínur liggja þvert yfir svæðið norðan við Gígahnúk og niður Hellisskarð og vegir að möstrunum. Engu að síður er þarna að finna náttúruminjar sem fólk tekur eftir og aðrar sem verðskulda eftirtekt en fáir veita athygli eða vita um. Hér verður bent á nokkur dæmi. Sumt af þessu eru hversdagsleg fyrirbæri svo sem hraungígar og misgengi, en myndu njóta sín til áhersluauka í næstu nálægð við mannvirki.

### 3.1. Gígaraðir

Suðurgígarnir í B/C-hrauninu og norðurgígarnir í D-hrauninu eru óskemmdir af gjallnámi. Hér er um að ræða lága gjall- og þó aðallega klepragíga sem ekki hefur þótt neinn slægur í og því verið skildir eftir. Gígar þessir eru hinir snotrustu og löngu búið að ákveða að hrófla ekki við þeim. Borað hefur verið nærri gígum þessum og er reynslan af því fremur á þann veg að því verði haldið áfram.

### 3.2 Misgengi

Misgengi eru einkum sýnileg vestan til á virkjanasvæðinu og austan til í Skarðsmýrarfjalli. Óvíða kæmi til þess að við þeim yrði hreyft. Eitt misgengi skal þó nefnt sem vert væri að láta óhreyft, en gæti orðið fyrir raski af vangá. Það er í B/C-hrauninu neðan við Hellisskarð, nokkurra metra sigstallur sem framburður hefur að vísu fyllt nokkuð að, en er samt glöggur. Þarna má sjá báðum megin við, hvar misgengið sneiðir brekkuna neðan við Búastein og á sama hátt Reykjafellsmegin. Engar líkur eru á að hreyft verði við misgengi þessu þar umfram það sem orðið er við gamlan skíðastökkpall þar sem menn hafa nýtt sér náttúrlegt þrep í hliðinni. Aðeins niðri á jafnsléttu gæti það gerst og því er á þetta bent.

### 3.3. Brennisteinshverir

Hvilft mikil er vestan í Skarðsmýrarfjalli austan við Sleggjubeinsskarð. Hvilftin er gamalt skriðufar, og skriðubingur neðan undir nær niður að Víkingsskálanum. Í hvilftinni eru töluverðir brennisteinshverir, önnur af tveim slíkum þyrpingum á vestanverðu Hengilssvæðinu. Hverirnir eru raunar bæði í öxlinni sunnan við skriðufarið og í því sjálfu, að hluta til í grjóturð. Ólíklegt er að þarna yrði borað þar sem aðkoma er erfið. Ef til þess kæmi væri svigrúm fyrir borplan hvort sem væri á öxlinni eða í hvilftinni innan við hverina og ekki þörf á að hrófla við þeim.

### 3.4. Gígur í móbergsfjalli

Annar af tveim stórum sprengigígum í Reykjafelli er Dauðadalur sem svo heitir norðan í því. Hinn er Hveradalir sunnan í fjallinu, en suðaustan við hann er jarðhitinn sem allir þekkja sem þarna fara um. Gígar þessir eru gufusprengigígar, myndaðir í grunnu vatni (jökullóni af bræðslu íss) þar sem vatn hefur átt greiða leið að gosrás. Gígveggirnir eru að stórum hluta úr lagskiptu túffi sem að hluta til hefur ekist til og sigið fram í fellingum. Báðir gígarnir eru nánast óspilltir, Dauðadalur má reyndar heita ósnertur, hálfkluktur af móbergshafði sem skilur hann frá þriðja gígunum en miklu minni, þeim nyrsta í röðinni. Gíga þessa myndu líklega flestir telja sérstæðasta meðal þeirra náttúrumenja sem hér voru taldar. Fáförult er um Dauðadal, enda má segja að gígurinn í Hveradölum bæti hann upp sem aðgengilegur tvífari.

### Heimildir

G.P.L. Walker 1974: Eruptive mechanisms in Iceland. - Í „ Geodynamics of Iceland and the North Atlantic Area“, Leó Kristjánsson gaf út.

Finnur Sigmundsson (gaf út) 1952: Sendibréf frá íslenskum konum 1784-1900.

G.R.Foulger og D.R. Toomey 1989: Structure and evolution of the Hengill-Grensadalur volcanic complex, Iceland: Geology, geophysics and seismic tomography. – Journal Geophys. Res. 94, B12, 17.511-17.522.

G. Storm (gaf út) 1888: Islandske Annaler indtil 1578.

Gunnar Þorbergsson 2003: Nesjavallaveita. GPS-mælingar á Hengilssvæði í apríl og maí 2003. – OS-2003/033, Orkustofnun

Jón Jónsson 1975: Nokkrar aldursákvarðanir. – Náttúrufræðingurinn 45, 27-30.

Jón Jónsson 1977: Reykjafellsgígir og Skarðsmýrarhraun á Hellisheiði. – Náttúrufræðingurinn 47, 17-26.

Jón Jónsson 1983: Eldgos á sögulegum tíma á Reykjanesskaga. – Náttúrufræðingurinn 52, 127-139.

Jón Jónsson 1989: Hveragerði og nágrenni, jarðfræðilegt yfirlit. – Rannsóknastofnunin Neðri Ás, Hveragerði. Skýrsla nr. 50.

Kristján Sæmundsson 1992: Geology of the Thingvallavatn area. – Oikos 64, 40-68.

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



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

Páll Halldórsson og Ragnar Stefánsson 1986: Jarðskjálftar á Hengilssvæði, áhrifamat fyrir Nesjavelli. – Veðurstofa Íslands

Sigurður Sveinn Jónsson, Bjarni Reyr Kristjánsson, Þórólfur H. Hafstað og Kristján Sæmundsson 2003: Grunnvatnsborholur á Hellisheiði og nágrenni. – OS-3003/003, Orkustofnun

Trausti Einarsson 1951: Yfirlit yfir jarðfræði Hengilsvæðisins. – Tímarit VFÍ, 49-60.

Verkfræðistofan Vatnaskil 2003. Grunnvatnslíkan í vinnslu og endurskoðun.

Vigfús Guðmundsson (gaf út) 1950: Hverir og landskjálftar –skýrsla Páls Þorlákssonar og bréf Steindórs Finsen til stiftamtmanns 1798. – Lesbók Morgunblaðsins 25, 514-515.

Þorleifur Einarsson 1960: Geologie von Hellisheiði. – Sonderveröffentlichungen Geol. Inst. d. Universität Köln Nr. 5.

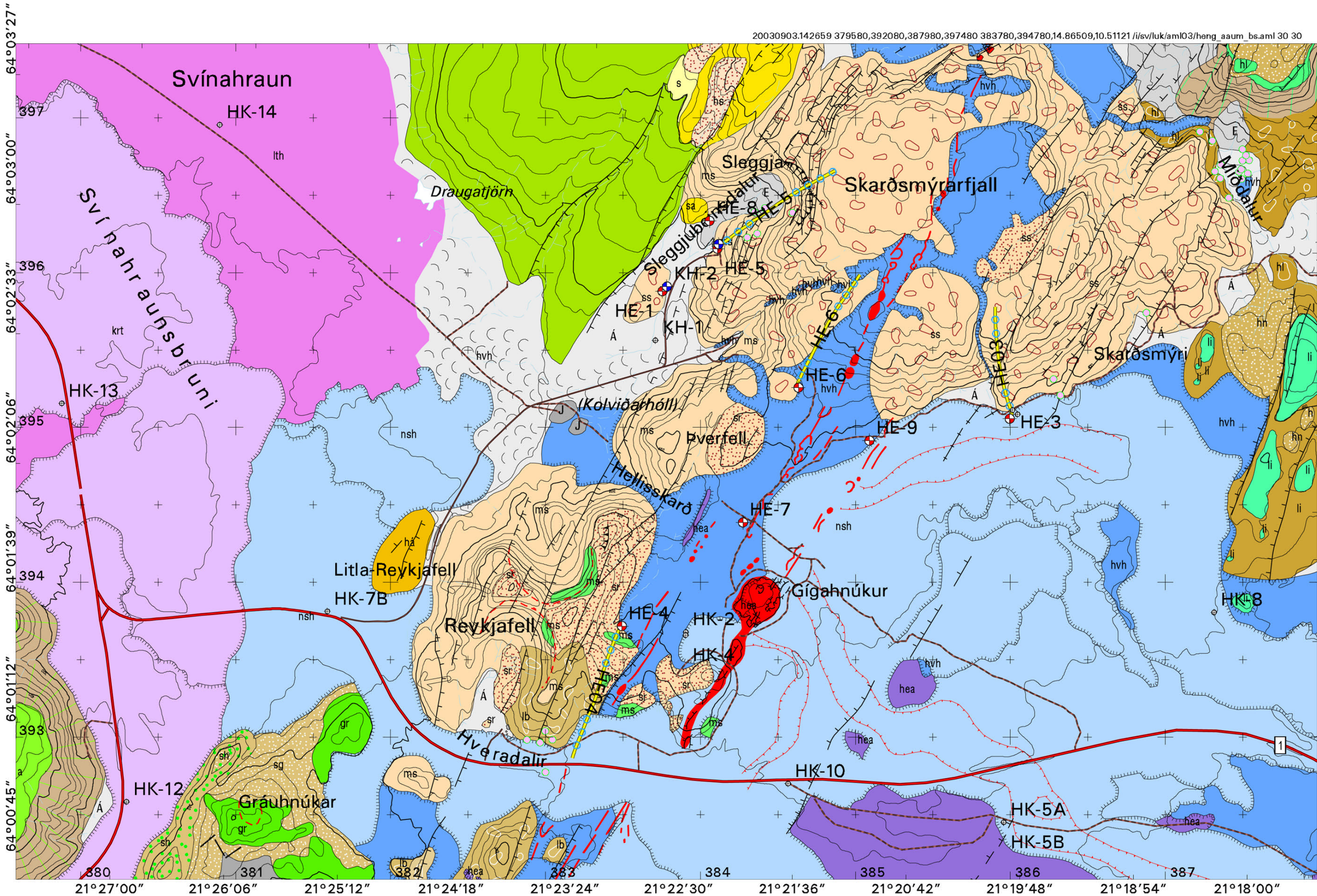
Þorvaldur Thoroddsen 1899: Jarðskjálftar á Suðurlandi.

### *Myndir*

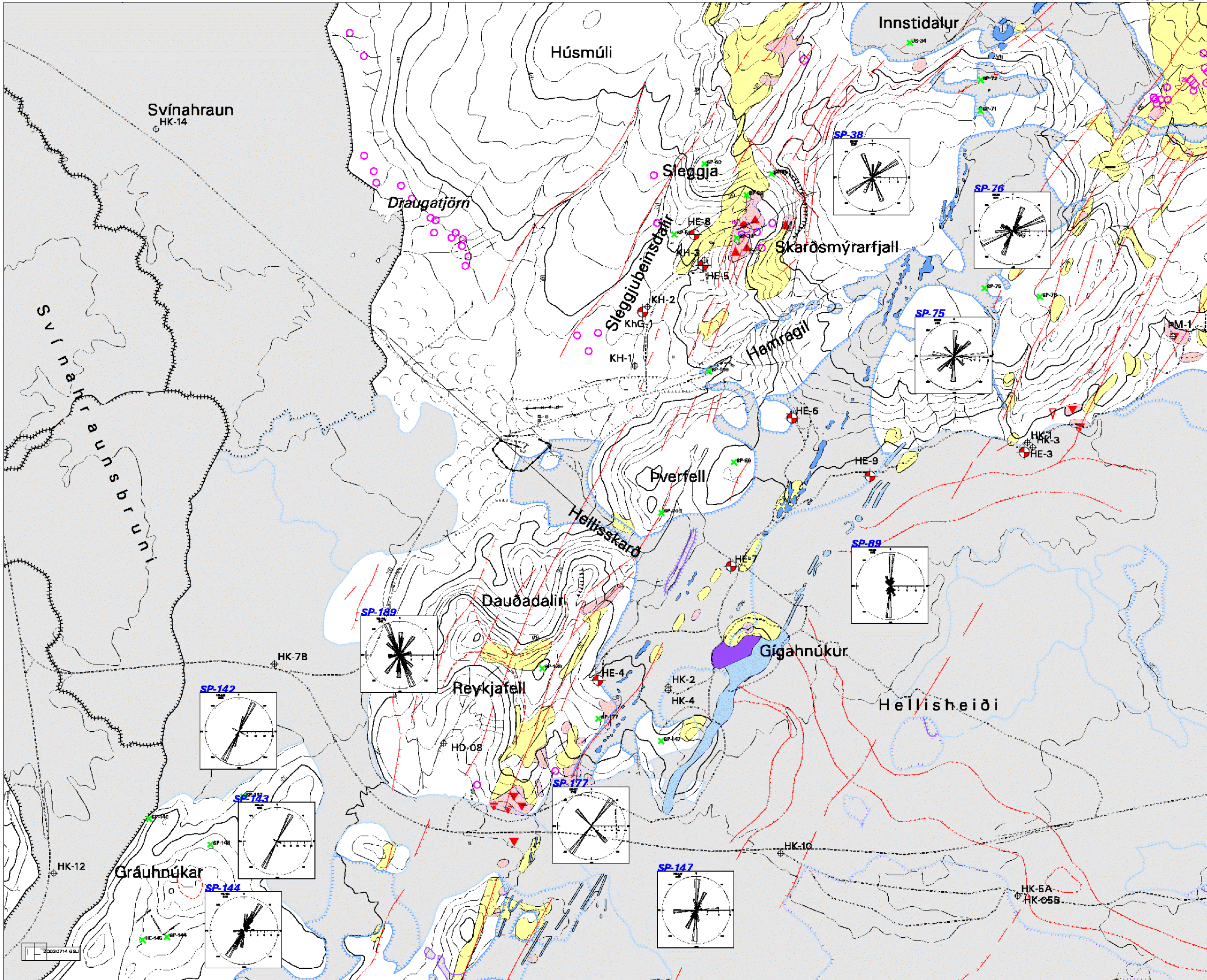
1. Úrdráttur úr jarðfræðikorti (Kristján Sæmundsson 1995). Kortið sýnir virkjanasvæðið og umhverfi þess. Hellisheiðarhraunin eru blá, það yngsta (D-hraunið) ljósast. Hraun úr öðrum eldstöðvakerfum, Leitahraun (~5350 ára) og Svínahraunsbruni (frá árinu 1000) vestan megin á kortinu eru bleik. Móberg er sýnt í brúnum litum og grágrýti í grænum. Framburðarmyndanir eru sýndar með gráum lit og gefið til kynna hvar hraun myndi vera undir. Ísúrt berg er sýnt með gulum lit. Borholur eru sýndar á kortinu og hvert skáholurnar liggja.
2. Úrdráttur úr sprungukorti (í vinnslu). Á kortinu eru dregin fram misgengi, gígaraðir og ummyndun, með smábreytingum frá fyrri kortlagningu (Kristján Sæmundsson 1995). Grænir krossar og tala hjá sýna hvar sprungustefnur voru mældar.

Kristján Sæmundsson

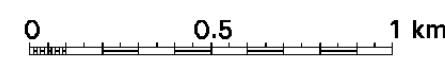








- ### Skýringar
- Hraun**
- Miegengi
  - Gjá
  - Framhlaup
  - Helligsheiðarhraun D
  - Helligsheiðarhraun B/C
  - Helligsheiðarhraun A
  - Tjarnhúkshraun
  - Svínahraun og Svínahraunsbruni
  - Hraun undir æti
- Eldvirkni**
- neh - Helligsheiðarhraun D
  - hvh - Helligsheiðarhraun B/C
  - hea - Helligsheiðarhraun A
  - Hraun undir æti
  - Gosprunga
  - Gangur
  - Borhole
  - Heitt vatn
  - Tóftir
  - Garður
  - Lítil lind
  - Stór lind (>50 l/s)
  - Gufuhver eða leirhver
  - Þyrping gufu- eða leirvera
  - Gufuhver með brænnisteinútfellingum
  - Velgja í jörð
  - Vatnhver, laug, volgra, hiti í °C
  - Kíallhrúður
  - Gauppsteymi
  - Ölkeiða, hiti í °C
- Geological Features**
- Væg ummyndun
  - Keldur hveraskellur
  - Dökkbrún áeynd (arnektít)
  - Grænleit áeynd (blandleir/klórfít)
  - Nútimahraun á yfirborði







HÁSKÓLI ÍSLANDS

LÍFFRÆÐISTOFNUN HÁSKÓLANS

FJÖLRIT NR. 62

Flóra og gróður á völdum stöðum  
á Hellisheiði og Hengilssvæði

*Rannveig Thoroddsen*

REYKJAVÍK 2002



# Flóra og gróður á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæði

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

Rannveig Thoroddsen  
Líffræðistofnun Háskólans

maí 2002

## Ágrip

- i) Sumarið 2001 tók Líffræðistofnun Háskólans að sér vinnu fyrir undirbúning umhverfismats vegna fyrirhugaðra framkvæmda Orkuveitu Reykjavíkur á Hellisheiði og Hengilssvæðinu. Vinna Líffræðistofnunar skiptist í nokkra þætti. Hér er greint frá þeim hluta vinnunnar sem snýr að flóru og gróðri.
- ii) Markmiðið var að finna, kortleggja, lýsa og meta þau svæði sem hafa sérstöðu vegna flóru og/eða gróðurs auk svæða sem þegar var byrjað að bora á sem og líklegum borstöðum.
- iii) Stuðst var við gróður- og jarðhitakort ásamt loftmyndum af Hengilssvæðinu og Hellisheiði. Við lýsingu á gróðursamfélögum var byggt á gróðurkortalyklum Náttúrufræðistofnunar Íslands.
- iv) Víðáttumestu gróðurlendin eru mosapemba ásamt grösum og/eða smárunnum. Graslendi kom næst mosagróðri að víðáttu. Stærri og minni votlendisvæði voru á nokkrum stöðum. Ekkert þessara gróðurlenda getur talist sjaldgæft, hvorki á lands- né svæðisvísu.
- v) Fjölbreyttustu gróðurlendin voru á svæðinu frá Skarðsmýri og norður eftir inn í Miðdal og Fremstadal. Þar ásamt Ölkelduhálsi var einnig að finna jarðhitagróður eða gróður sem naut góðs af jarðhitanum. Þessi svæði hafa því nokkra sérstöðu hvað varðar sjaldgæf gróðurlendi bæði á lands- og svæðisvísu.
- vi) Þar sem mosagróður og graslendi eru einráð var flóran tegundafátæk og oftast var um að ræða mjög algengar tegundir. Tegundaauðugstu svæðin voru Fremstidalur og Húsmúli.
- vii) Ekkert svæði skar sig úr hvað varðar tegundaauðgi á landsvísu en á svæðisvísu (Hellisheiði-Hengilssvæði) telst Fremstidalur hafa sérstöðu.
- viii) Nokkrar sjaldgæfar tegundir fundust á svæðinu, allt jarðhitaplöntur. Naðurtunga og laugadepla fundust á tveimur áður óskráðum vaxtarstöðum. Einnig fundust grámygla og dvergafbrigði af græðisúru.
- ix) Stór hluti Hengilssvæðisins, sérstaklega miðhluti þess er lítið raskaður utan fáeina slóða og kofa. Villtur gróður hefur að mestu fengið að dafna án afskipta mannsins, ólíkt mörgum stöðum í nágrenni höfuðborgarsvæðisins. Þó að votlendi sé ekki stór hluti af gróðurfari á Hellisheiði/Hengilssvæðinu þá hefur því votlendi sem finnst á svæðinu lítið verið raskað en óframræst votlendi eru afar fá á suðvesturhorni landsins.
- x) Verndargildi einstakra gróðurlenda á Hellisheiði og Hengilssvæði er hvorki hátt á heimsvísu né landsvísu. Á svæðisvísu er verndargildi gróðurs hins vegar talsvert. Hellisheiði og Hengilssvæðið er í nágrenni höfuðborgar-svæðisins og fá svæði í nágrenni þess eru eins fjölbreytt gróðurfarslega, sérstaklega ef tekið er tillit til þess að svæðið er í um og yfir 350 m h.y.s. Sérstaða Hellisheiði og Hengilssvæðis liggur fyrst og fremst í jarðhitanum og þeim sérstaka gróðri sem gjarnan fylgir honum.
- xi) Við forgangsstöðun svæða voru þau svæði talin mikilvægust sem höfðu fjölbreyttust gróðurlendi og voru þar af leiðandi oft tegundaauðugust ásamt þeim svæðum þar sem sjaldgæfar tegundir fundust. Fremstidalur var talinn gróðurfarslega mikilvægastur af þeim svæðum sem skoðuð voru.
- xii) Með góðu skipulagi er ekki talið líklegt að mikil röskun verði á gróðri né að skemmdir verði á sjaldgæfum gróðurlendum eða að sjaldgæfar tegundir hverfi úr flóru svæðisins vegna

framkvæmda. Líkleg áhrif á gróður ættu að vera fremur staðbundin. Hafa ber þó í huga að rofhætta gæti aukist í kjölfar framkvæmda t.d. þar sem gróðurþekja hefur verið rofin.

## Efnisyfirlit

bls

Ágrip.....	i
1. Inngangur.....	1
2. Gróður .....	2
2.1 Flóra .....	2
2.2 Gróðurkort.....	2
2.3 Gróðurfur.....	2
2.4 Gróðursamfélög.....	2
2.4.1 <i>Purlendi</i> .....	2
2.4.2 <i>Votlendi</i> .....	5
2.4.3 <i>Vatnagróður</i> .....	5
2.4.5 <i>Jarðhitagróður</i> .....	5
2.4.6 <i>Lítt gróið land</i> .....	6
3. Gróðurfarslýsing á völdum svæðum.....	7
4. Niðurstöður og umræða.....	15
4.1 Flóra á Hellisheiði og Hengilssvæði.....	15
4.1.1 <i>Tegundaauði</i> .....	15
4.1.2 <i>Sjaldgæfar tegundir</i> .....	15
4.1.3 <i>Jarðhiti</i> .....	15
4.2 Gróður.....	16
4.3 Samanburður við önnur svæði.....	16
4.3.1 <i>Útivistarsvæði í nágrenni höfuðborgarsvæðisins</i> .....	16
4.3.2 <i>Jarðhitagróður</i> .....	17
4.4 Mat á verndargildi.....	17
4.5 Forgangsröðun svæða.....	18
4.6 Fyrirhuguð virkjanasvæði og líkleg áhrif framkvæmda á gróður.....	18
5. Ábendingar og tillögur um vöktun.....	19
6. Þakkir.....	20
7. Heimildaskrá.....	20
Viðauki.....	22

1. viðauki. Samantekt á flóru á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæði.
2. viðauki. Flóra í einstökum gróðursamfélögum þar sem skordýragildir voru settar niður og í öðrum gróðursamfélögum í næsta nágrenni.

### Kort

Kort 1: Gróðurgreining af völdum svæðum á Hellisheiði

Kort 2: Gróðurgreining af völdum svæðum á Hellisheiði



## 1. Inngangur

Orkuveita Reykjavíkur hyggst gera tilraunaborholur á völdum svæðum á Hellisheiði og Hengilssvæði. Þegar hefur verið byrjað á tveimur borholum sem hafa verið undanþegnar umhverfismati, annars vegar í norðanverðu Stóra-Reykjafelli og hinsvegar við sunnanvert Skarðsmýrarfjall. Aðrar framkvæmdir þurfa að fara í umhverfismat og eru þessar gróðurannsóknir hluti af því. Ekki var talið nauðsynlegt að fara út í gróðurkortagerð fyrir allt svæðið þar sem hægt er að mestu að styðjast við nýleg gróðurkort af svæðinu í mælikvarða 1:25.0000 (Rannsóknastofa landbúnaðarins 1990). Markmið rannsóknarinnar var að finna, kortleggja, lýsa og meta þau svæði sem hafa sérstöðu vegna flóru og/eða gróðurs, auk svæða sem þegar er byrjað að bora á sem og líklegum borstöðum (skv. upplýsingum Orkuveitu Reykjavíkur).

Stuðst var við gróður- og jarðhitakort ásamt loftmyndum af Hengilssvæðinu og Hellisheiði og af þeim voru fyrirfram valdir staðir þar sem þegar er byrjað á borholum sem og líklegir borstaðir á jarðhitasvæðum. Þetta eru Hellisskarð, Sleggjubeinsdalur og Ölkelduháls eystri (þ.e. liggur austan megin við afleggjarann sem liggur frá Þjóðvegi 1 um Ölkelduháls), auk Stóra-Reykjafells og Skarðsmýrarfjalls þar sem þegar er byrjað að bora. Á þessum svæðum var gróður greindur í gróðursamfélög samkvæmt gróðurkortalykli frá Náttúrufræðistofnun Íslands (1999). Á sömu stöðum voru settar niður smádyragildir og skráðar niður allar háplöntutegundir í hverju gróðursamfélagi (2. viðauki) þar sem þær voru settar niður þannig að heildarmynd fengist af lífríki þessarar svæða. Auk þess voru skráðar allar háplöntutegundir í 500 m radíus út frá borpalli (1. viðauki).

Af sömu kortum voru valin svæði sem talin voru líkleg til að hafa sérstöðu vegna flóru og/eða gróðurs, annarsvegar vegna mikillar fjölbreytni eða hinsvegar vegna þess að þar eru sjaldgæf gróðurlendi eða tegundir, t.d. jarðhitasvæði. Þau svæði sem voru valin eru Innstidalur, Engjadalur, Skeggjadalur og Kýrdalur, allt svokallaðir inndalir sem eru vel afmarkaðir af fjöllum í kring. Í hlíðum Innstadals er jarðhitasvæði en það var ekki kannað nánar og búið er að loka borholum í Kýrdölum en ekki var sjáanlegur jarðhiti að öðru leyti þar á yfirborði. Einnig voru valin svæði sem voru votlend eins og Skarðsmýri ásamt lítilli nálægri mýri, Miðdalur og Fremstidalur en þar gætir einnig jarðhita. Gróður var einnig kannaður á litlu jarðhitasvæði á Ölkelduhálsi (hér nefnt Ölkelduháls vestri þ.e. það liggur vestan megin við afleggjarann sem liggur frá Þjóðvegi 1 um Ölkelduháls). Suður- og vesturhlíðar Húsmúla og votlendið við Draugatjörn var einnig valið enda nokkuð fjölbreytt búsvæði þar sem finna má vatnagróður, votlendi, graslendi, lyngmóa og melagróður. Líkleg vatnsból fyrir kaldvatnstöku eru við Húsmúla (VGK 2002). Á þessum svæðum var gerð nákvæmari gróðurgreining en hægt er miðað við útgefin gróðurkort (RALA, 1970, 1990) og gróðursamfélög afmörkuð og merkt inn á loftmyndir. Einnig voru skráðar allar háplöntutegundir sem fundust á viðkomandi svæðum (1. viðauki).

Gróðursamfélög voru greind í felti og merkt inn á loftmyndir. Aðeins hluti af þeim svæðum sem voru gróðurgreind eru sýnd á gróðurkort (kort 1 og 2) og þau svæði sýnd sem byrjað er að bora á, fyrirhugaðir borstaðir, auk svæða sem höfðu fjölbreyttust búsvæði.

## 2. Gróður

## 2.1 Flóra

Tegundir voru skráðar á flóruspjöld fyrir hvert gróðursamfélag á þeim stöðum sem settar voru niður skordýragildir en annars fyrir hvert svæði án þess að gera sérstaka grein fyrir í hvað gróðursamfélögum einstakar tegundir fundust. Þó var skráð ríkjandi tegund eða tegundir og helstu fylgitegundir í hverju gróðursamfélagi. Með íslenskar og latneskar nafngiftir er farið eftir Plöntuhandbókinni (Hörður Kristinsson 1986).

Mosa- og fléttutegundir voru ekki sérstaklega greindar nema í einstaka tilfellum og sá Bergþór Jóhannsson hjá Náttúrufræðistofnun Íslands um greininguna auk þess sem stuðst var við fjölrít Náttúrufræðistofnunar um íslenska mosa, varðandi nafngiftir mosa (Bergþór Jóhannsson 1990, 1992, 1996, 1998).

## 2.2 Gróðurkort

Meðfylgjandi gróðurkort eru í mælikvarðanum 1:10.000. Kortin voru unnin á loftmyndir frá Loftmyndum ehf. Óskar Sigurðsson hjá Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns sá um að teikna inn á loftmyndirnar.

Gróðurgreining er byggð á gróðurkortlykli frá Náttúrufræðistofnun Íslands (1999) en sá lykll er að mestu byggður á grunni Steindórs Steindórssonar (1981) þar sem gróður er flokkaður eftir ríkjandi tegund eða tegundum. Í einu tilviki er þó brugðið út af þeim lykli og var bætt við lykilinn flokki A10 þar sem enginn annar flokkur átti við (sjá lýsingu hér á eftir).

## 2.3 Gróðurfar

Meginhluti Hellisheiðar og Hengilssvæðis sem var til athugunar er í heild hraun með mosapembu sem ýmist er vaxin smárunnum og/eða grösum. Graslendi eða lyngmóa er að finna inn á milli mosapembna og í inndölum auk þess sem minni eða stærri votlendi finnast á svæðinu.

## 2.4 Gróðursamfélög

Gróðursamfélögum sem greind voru á völdum svæðum á Hellisheiði og Hengilssvæði verður lýst hér á eftir. Sum þessara gróðursamfélaga eru sýnd á gróðurkortum sem fylgja þessari skýrslu (kort 1 og 2). Gróðurhverfum er lýst í sömu röð og þau koma fyrir í skýringum á gróðurkortum, óháð flatarmáli. Í lýsingunni er stuttlega gerð grein fyrir ríkjandi plöntutegundum og helstu fylgitegundum.

### 2.4.1 Þurrlendi

*Mosagróður*

#### **A1 Mosapemba**

Mosapækja er a.m.k. yfir 50% þar sem hraungambri (*Racomitrium lanuginosum*) er oftast ríkjandi, og það þétt að erfitt er fyrir aðrar tegundir að ná rótfestu. Jarðvegur er lítill sem enginn.

#### **A3 Mosi með stinnastör og smárunnum**

Mosi þar sem stinnastör er algeng í mosanum ásamt ýmsum smárunnum, aðallega krækilyngi en einnig bláberjalyngi og grasvíði.

#### **A4 Mosi með smárunnum**

Mikill mosi í sverði en smárunnar eins og krækilyng, bláberjalyng og grasvíðir verða áberandi í mosanum.

#### **A5 Mosi með grösum**

Mikill mosi í sverði og grös verða áberandi. Helstu grastegundir eru blávingull, túnvingull, týtulíngresi, bugðupunktur en einnig oft hærur, vallhæra og axhæra.

#### **A8 Mosi með smárunnum og grösum**

Mjög svipað og ofangreind gróðursamfélög (A4 og A5), þ.e. bæði smárunnar og grös verða álíka áberandi í mosapembunni.

#### **A10 Tildur- og skrautmosi ásamt blóðbergi**

Þetta gróðurhverfi er ekki til í gróðurkortalykli NÍ en fannst a.m.k á tveimur stöðum við jarðhita. Tildurmosi (*Hylocomium splendens*) er ríkjandi ásamt skrautmosa, t.d. engjaskraut (*Rhytidiadelphus squarrosus*) og urðarskraut (*R. loreus*). Af háplöntum er blóðberg mest áberandi í mosanum, þó misþétt, en aðra tegundir eins og skarífífill og skriðlíngresi geta einnig verið nokkuð algengar.

#### *Lyngmói*

#### **B2 Krækilyngsmói ásamt bláberjalyngi og sauðamerg**

Yfirborð oftast meira eða minna þýft. Nokkuð misjafnt er hversu vel gróin lyngmóinn er en það fer eftir staðháttum, þúfnastærð og því hversu landið er áveðra.

Krækilyng er aðaltegundin hér ásamt bláberjalyngi og sauðamerg. Aðrar fylgitegundir eru oft beitilyng, móasef, stinnastör, blávingull, túnvingull og bugðupunktur.

#### **B7 Bláberjalyng ásamt krækilyngi og víði**

Hér verður bláberjalyngið í meira magni en krækilyngið en það fylgir þó oftast fast á eftir ásamt grasvíði. Aðrar tegundir sem eru algengar innan um bláberjalyngið eru, ljónslappi, maríustakkur, bugðupunktur og kornsúra ásamt fleiri tegundum.

#### **B9 Aðalbláberjalyng**

Í lautardrögum, smá hvömmum og upp eftir hæðardrögum þar sem að snjór liggur lengi fram á vor er aðalbláberjalyng mun meira áberandi en bláberjalyngið. Fylgitegundir eru þó oft hinar sömu og með bláberjalyngi en til viðbótar má nefna fjallasmára, grámullu og fjalladeplu.

#### *Víðigrund og kjarr*

#### **D6 Grasvíðir**

Er að finna þar sem dældir eru í landslagi og þykkur snjór hefur legið yfir langt fram eftir vori. Sjaldnast ná snjóðældir/snjóðældagróður yfir stór samfelld svæði en stundum getur þetta átt við heilu dalbotnanna.

Aðaltegund er grasvíðir og þá oftast mjög lágvaxinn og sumstaðar er hélumosi áberandi í sverði. Aðrar fylgitegundir eru stinnastör, fjallasmári, grámulla og fjalladepla.

## *Starmói*

### **G1 Stinnastör**

Mjög rakir blettir í litlum dældum fyrir neðan halla. Stinnastör ríkjandi.

### **G2 Stinnastör með smárunnum**

Stinnastör nær einráð en grasvíðir einnig áberandi í sverði.

## *Graslendi*

### **H1 grös/graslendi**

Er yfirleitt gróskumikið og nær alltaf algróið. Mismunandi grastegundir geta verið ríkjandi en helstar eru: túnvingull, blávingull, vallarsveifgras, hálíngresi, ilmreyr og stundum bugðupuntur. Oft eru 2-3 grastegundir sem ríkja saman. Fylgitegundir eru oft margar í graslendi og má þar nefna vallhæru, hvítmöðru, gulmöðru, kornsúru, blóðberg, lyfjagras, ljónslappa, maríustakk, brjóstagras, bláberjalyng, krækilyng, túnfífil og skarífífil.

### **H2 Grös með störum**

Grös eru ríkjandi en stinnastör kemur sterkt inn.

### **H3 Grös með smárunnum**

Smárunnar eins og grasvíðir, krækilyng, bláberjalyng eru áberandi í grassverði.

### **H6 Finnungur**

Finnung er helst að finna í smærri dældum eða lautum þar sem snjór situr tölvvert lengi fram eftir vori. Þar myndar hann gulgráhvíta stinna toppa og sinumyndun er töluverð.

Fylgitegundir eru helst ilmreyr, bugðupuntur, grámulla og fjallasmári.

### **H7 Grös með elftingu**

Mjög líkt gróðurlendi og H1 nema að túnvingull, hálíngresi og ilmreyr vaxa í samfélagi við vallelfingu.

## *Fléttumói*

### **J1 Fléttur og smárunnar**

Hreinn fléttumói var ekki greindur á þeim svæðum sem skoðuð voru en sumstaðar var þekja fléttna töluverð svo mörk milli fléttumóa og mosagróðurs voru óskýr. Þetta gróðursamfélag þar sem hreindýramosi er ríkjandi ásamt krækilyngi, bláberjalyngi og grasvíði, myndaði mósaík með gróðursamfélögum eins og A8 eða A4.

## *Blómlendi*

### **L2 Lágvaxnar blómjurtir**

Myndast þar sem eru hagstæð gróðurskilyrði, oft í hlíðum og lautum sem snúa gegnt suðri. Yfirleitt lítil svæði. Stundum er erfitt að segja hvort einhver ein tegund er ríkjandi en oft eru þetta tegundir eins og blágresi, brennisóley, maríustakkur og ljónslappi. Í þessari könnun var ljónslappi ríkjandi þar sem þetta gróðursamfélag var greint, en hinar tegundirnar voru einnig til staðar ásamt grösum eins og bugðupunti og ilmreyr.



## 2.4.2 Votlendi

*Mýri*

### **U1 Mýrastör og hengistör**

Mýrastör er ríkjandi ásamt hengistör. Algeng fylgitegund er mýrelfting.

### **U4 Mýrastör og klófífa**

Eitt af blautustu gróðurhverfum mýra. Mýrastör og klófífa eru ríkjandi en aðrar tegundir eru m.a. engjarós, hálmgresi, hrafnaklukka og fergin.

### **U5 Mýrastör**

Mýrastör nær einráð en aðrar tegundir eins og hengistör og klófífa eru nokkuð algengar án þess að ná sem nemur nokkurri þekju.

### **U21 Dýjahnappur og/eða lindarskart**

Er helst að finna við uppsprettur eða meðfram lækjum. Mosar eins og dýjahnappur eða lindarskart eru einkennistegundir og gefa þessu gróðursamfélagi áberandi gulgrænan lit. Háplöntur eru strjalar en algengustu tegundir eru lindadúnurt, mýradúnurt, lækjafrýta, lækjafræhyrna, stjörnusteinbrjótur, heiðadúnurt, klóelfting, hrafnaklukka, skriðlíngrési og fjallapuntur svo eitthvað sé nefnt.

*Flói*

### **V2 Tjarnastör**

Mjög blautur þannig að vatn flýtur yfir gróðursverðinum, sumstaðar opið vatn eða tjarnir. Tjarnastör mjög áberandi enda stórvaxin og greinir sig vel frá öðrum tegundum vegna hins blágræna litar. Fylgitegundir eru mismunandi en í þessari könnun voru helst hengistör, mýrastör, einnig flóastör, vetrarkvíðastör og horblaðka þar sem var blautast. Aðrar tegundir sem uxu í þessu gróðursamfélagi voru blátoppastör, klófífa, fergin og hálmgresi.

### **V3 Klófífa**

Klófífa ríkjandi ásamt mýrastör í þeim fáu blettum sem þetta gróðurhverfi var greint. Aðrar tegundir voru hengistör, tjarnastör og hálmgresi.

## 2.4.3 Vatnagróður

Mjög lítið fór fyrir eiginlegum vatnagróðri á þeim svæðum sem voru könnuð jafnvel þótt sumstaðar væri opið vatn eða tjarnir. Í fyrsta lagi teljast margar af þeim tegundum sem fundust í eða við vatn til votlendisgróðurs. Í öðru lagi, þó að vatnagróður finndist í Draugatjörn undir Húsmúla og sumstaðar í lyngnum hyljum í Hengladalsá þar sem hún rann um Fremstadal, þá voru þetta oftast of litlir blettir til að hægt væri að merkja þá sérstaklega inn á kort. Einnig mátti finna flagasóley og alurt þar sem þær uxu í uppþornuðum tjarnabotnum í Skarðsmýri auk þess sem flagasóley óx sumstaðar meðfram Hengladalsánni.

## 2.4.4 Jarðhitagróður

Ekki eru til gróðurlyklar fyrir jarðhitagróður þrátt fyrir að sérstök gróðursamfélög sé að finna á jarðhitasvæðum. Á þeim svæðum sem voru skoðuð voru brennisteinshverir algengastir. Gróður er lítil sem engin í leirnum næst brennisteinsaugum en stundum má þó finna nokkrar mosategundir og voru greindar tvær tegundir sem fundust við brennisteinsaugun. Þetta voru mosarnir mýrfjöður (*Fissidens adianthoides*) sem er algengur á jarðhitasvæðum en er þó ekki bundinn við þau, slæðmosi (*Archidium alternifolium*) og lauganistill (*Riccia beyrichiana*) en þeir tveir síðastnefndu eru bundnir við jarðhitasvæði. Þar sem brennisteinsgufu gætir minna en jarðhiti er enn mikill, 50-80°C, má finna stundum gróðursamfélag sem virðist einkenna þetta svæði (A10 sbr að lýsingu að ofan). Þegar fjær dregur frá heitasta svæðinu en töluverðs hita gætir enn, er oft gróskumikil gróður, aðallega grös.

Einnig voru leirhverir og heitar laugar á svæðinu. Gróður í kringum laugar var gróskumikill bæði vegna jarðhita og raka frá gufum. Ýmsar tegundir sem eru bundnar við jarðhitasvæði voru greindar, naðurtunga, laugdepla og grámygla, eða eru algengari á jarðhitasvæðum en utan þeirra t.d. laugabrúða, blákolla og græðisúra (Steindór Steindórssón 1964).

#### **2.4.5 Lítt gróið land**

Á þeim svæðum sem voru skoðuð er víða að finna ógróin eða lítt gróin svæði þar sem að gróðurþekjan er undir 10%.

##### **fl Flag**

Sumstaðar í gróðurþekju voru lítt gróin flög þar sem gróðurþekja fór sjaldnast yfir 30%. Flög var helst að finna á mótum votlendis og lyngmóa. Flög eru oftast það lítil að flatarmáli að erfitt er að sýna þau á gróðurkortum nema í þeimum stærri skala. Algengustu tegundir í flögum voru naflagras, flagahnoðri, blómsef, klóelfting, geldingahnappur, túnsúra og krækjar.

##### **me Melur**

Þar má oft finna margar tegundir þótt gróðurþekjan sé lítil. Helstu tegundir sem fundust á melum voru blávingull, túnvingull, axhæra, geldingahnappur, lambagras, melablóm, skriðnablóm, músareyra og sumstaðar ólafssúra.

##### **mo Moldir**

Yfirleitt lítil svæði með moldarjarðvegi þar sem gróðurþekja er oft lítil sem engin.

##### **Le Leir**

Oft lítil sem engin gróðurþekja en stundum sérstakur mosagróður sbr. lýsingu á jarðhitagróðri hér að ofan. Stundum ber gróðursamsetningin keim af þeim gróðursamfélögum sem eru í kring.

##### **Sand-, malar-, eða grjótnáma**

Nokkrar misstórar malarnáma eru á svæðinu. Þær eru mest áberandi austan við vegslóðann þar sem hann liggur meðfram Stóra-Reykjafelli. Einnig eru malarnáma sunnan undir Skarðsmýrarfjalli.

### 3. Gróðurfarslýsing á völdum svæðum

Stuttlega er farið í lýsingar á staðháttum á hverju svæði en eftirfarandi eru fyrst og fremst gróðurfarslýsingar. Svæðum þar sem settar voru niður skordýragildir er lýst fyrst, nokkurn veginn eins og þau koma fyrir frá vestri til austurs og frá suðri til norðurs. Síðan koma lýsingar á öðrum svæðum og er þeim einnig lýst eftir sömu röð, þ.e. fyrst er lýst þeim svæðum sem eru vestast og farið nokkurn veginn eftir gönguleiðum eða vegaslóðum frá suðri til norðurs og síðan er tekið næsta svæði fyrir austan og aftur haldið frá suðri til norðurs.

Tegundalistar fyrir öll svæðin eru í 1. viðauka og tegundalistar fyrir hvert gróðursamfélag á skordýragildrusvæðunum eru í 2. viðauka.

#### Hellisskarði

Ekki voru sjáanleg merki um jarðhita í Hellisskarði en ákveðið var að greina gróðursamfélög með því að ganga upp frá Kolviðahóli og fara yfir skarðið.

Graslendi og þá sérstaklega H1, en einnig H2 og H3 er töluvert í Hellisskarði en nokkuð stórt vallendi er upp á skarðsbrúninni (kort 1). Mosagróður er einnig áberandi (A1) upp á rimum, ofarlega í hlíðum og inn á melarflákum ásamt A4 en A5 og A8 eru neðar í hlíðum og taka við af graslendinu. Sumstaðar fer þekja í mosagróðri ekki yfir 75% að meðaltali. Melar (me) og skriður eru nokkuð áberandi ofan við gönguslóðan í gegnum skarðið. Þar sem þekjan fer yfir 10% er melagróður sem samanstendur af gróðursamfélögum H3/L2 þar sem túnvingull er áberandi ásamt blávingli, blásveifgrasi, grasvíði, blóðbergi, ljónslappa og lambagrasi. Á tveimur stöðum er grasvíðismór (D6) og er undirlagið smágrýtt. Annað svæðið er tiltölulega lítið og er rétt við skarðsbrúnina en hitt svæðið þekur stórt svæði ofarlega í Hellisskarði og þar er mikill hélumosi í sverði.

Aðeins fundust 35 háplöntutegundir enda er ekki mikil fjölbreytileiki í gróðursamfélögum í skarðinu.

#### Sleggjubeinsdalur

Norðan við Víkingsskálann í Sleggjubeinsdal og í vesturhlíðum Skarðsmýrarfjalls er jarðhitasvæði með brennisteinshverum. Gróðursamfélög umhverfis jarðhitasvæðið voru greind. Gróðursamfélög einkennast af mosagróðri (A1, A4, A5, A8) og graslendi (H1, H3) (kort 1). Gróðurþekja er víða lítil sérstaklega upp á rimum. Melar og moldir eru áberandi ofarlega í hlíðum Skarðsmýrarfjalls og í þeirri hlíð Húsmúla sem liggur að Sleggjubeinsdal. Bláberjalyng ásamt fylgitegundum (B7) var greint á tveimur blettum og blómabrekka (L2) var einnig greind á tveimur litlum blettum. Kaldar lækjarsprænur renna niður eftir dalnum og þar sem þær komu fram var djúamosi (U21) ásamt ýmsum vatnskærum háplöntum eins og lækjafreahyrnu, lækjagrýtu, mýrelftingu, stjörnusteinbrjóti, heiðadúnurt, klóffu, lónasóley, trefjasóley og einnig ljónslappa, maríustakk, blágresi og brennisóley, tegundir sem oft einkenna L2. Leir var í kringum jarðhitasvæðið sem var afar tegundasnautt. Þar fundust aðeins 3 tegundir sem teljast frekar til annarra gróðursamfélaga en til sérstaks jarðhitagróðurs.

Alls fundust 71 tegundir. Lækjasprænur sem renna um dalinn auka á tegundafjölbreytnina.

### **Borhola HE-4 við Stóra-Reykjafell**

Búið er að gera pall fyrir borholu sem er í hvilt í norðanverðu Stóra-Reykjafelli (1. mynd). Frá afleggjara (frá Þjóðvegi 1) sem liggur austanmeginn og meðfram Stóra-Reykjafelli liggur vegslóði til vesturs að borpallinum. Vegslóðinn liggur yfir mólendi. Vatnsrör fyrir kælivatn liggur frá Hengladalsá að bornum við Skarðsmýrarfjall og áfram meðfram afleggjara að borholunni við Stóra-Reykjafell. Búið er að grafa vatnrörið niður að hluta en af því hefur hlotist rask á gróðri meðfram afleggjaranum og ætti að fylgjast með hvort uppblástur geti orðið út frá þessum moldarrákum. Einnig liggur vatnsrör frá borholu HE-4 yfir mosagróinn rima og niður austan megin þar sem borað hefur verið fyrir viðbótarkælivatni ef á þarf að halda.

Í grófum dráttum er gróðurlendi í botni hviltarinnar mosapemba (A1) eða mosi með smárunnum og/eða grösom (A4, A8) og einnig ofarlega í hlíðum og uppi á rimum. Neðar í hlíðum upp frá hviltinni er graslendi (H2, H3). Gróðurþekja er góð í sjálfri hviltinni en er mun minni upp á rimum. Opin moldarflög (mo) eru þó í hlíðardrögum og langur moldarrani liggur neðst meðfram vestanverðri hlíðinni. Svo virðist að þar hafi runnið lækur í vorleysingum.

Snjóldældargróður var í litlum dældum neðarlega í hlíð sem sneri á móti norðri. Alls fundust 35 háplöntutegundir, allt algengar tegundir. Ekki voru sjáanleg nein merki um jarðhita á yfirborði.



**1. mynd.** Séð yfir borpall fyrir borholu HE-4 í hvilt í norðanverðu Stóra-Reykjafelli og gróðurlendi í kring. Efst í hlíðum er mosagróður en graslendi neðar. Opin moldarflög eru í hlíðardrögum.

### **Borhola HE-3 sunnan við Skarðsmýrarfjall**

Borholan er á flatlendi milli Skarðsmýrarfjalls og Orustuhólshrauns. Ekki hefur þurft að leggja nýjan vegslóða þar sem að afleggjari frá Þjóðvegi 1 liggur að borholu. Lítið rask er því af framkvæmdum við borholustaðinn sjálfan en vegna rasks af völdum vatnsrör sem búið



er að grafa niður frá borstað og að Hengladalsá, þarf að fylgjast með hugsanlegum uppblæstri frá moldarrákum meðfram afleggjara. Í hrauninu sunnan við borholu er mosapemba þar sem hraungambri (*Racomitrium lanuginosum*) er nær einráður upp á hrauninu (A1) (kort 2). Í lautum og dældum á milli hraunhóla eru lyngmóar (B2, B7, B9). Inni í hraunskútum má finna tófugras, stjörnusteinbrjót og þúfusteinbrjót. Hlíðardrög í Skarðsmýrarfjalli eru vel gróin og hlýtur snjór að liggja þar nokkuð lengi fram eftir vori, enda einkennistegund aðalbláberjalyng ásamt bláberjalyngi, krækilyngi og grasvíði (B9, B7). Töluvert er af tegundum sem eru algengar í snjódældum og má þar nefna fjallasmára, grámullu, fjalldeplu, klukkublóm, mosalyng, finnung, litunarjafna og skollafingur. Uppi á sjálfu fjallinu, fjallsrimum og sumstaðar niður á flatlendi, eru lítt grónir melar (me) með stöku mosapembublettum (A1). Niðri á flatlandinu milli fjalls og hrauns er graslendi algengast (H1, H2, H3) og er þekja að meðaltali 50-75%. Önnur gróðurlendi sem greind voru á þessum stað voru A8 og A4. Sjáanlegur jarðhiti er á svæðinu neðarlega í hlíðum Skarðsmýrarfjalls og sumstaðar hefur afleggjarinn verið ruddur beint í gegnum brennisteinshverina. Leirjarðvegur (leir) var í kringum brennisteinsaugu. Enginn mosi var í leirnum, aðeins örfáar háplöntutegundir sem ekki geta talist sérstakar jarðhitategundir heldur tilheyrðu frekar melagróðrinum í kring. Alls fundust 47 tegundir

### **Ölkelduháls austan megin við afleggjara**

Þetta svæði er nokkuð fjölbreytt. Áberandi gufustrókar sjást langt að frá hverasvæðinu og leirpyttir og aðrar jarðhitamyndanir setja mikinn svip á umhverfið.

Gróður var greindur í nánasta umhverfi við jarðhitasvæðið. Þar sem gróðurþekja var veruleg var mosagróður með grösom, stinnastör og smárunnum (A3, A8) mest áberandi en graslendi fylgdi í kjölfarið (H2) þar sem týtulíngresi og blávingull ásamt stinnastör voru ríkjandi. Leir, mold og skriður settu einnig mikinn svip á hverasvæðið enda landið töluvert sundurskorið í kringum hverina. Engar tegundir fundust þar sem leirinn var en ýmsar melaplöntur voru í mold og skriðum. Volgur lækur rann niður lítið hlíðardrag og þar var djámosi áberandi ásamt fylgiplöntum (U21) og var skriðlíngresi mest áberandi. Upp af aðalhverasvæðinu var töluvert víðáttu- og gróskumikið vallendi (H1) en það var ekki skoðað nánar. Hluti af því naut góðs af rakanum frá gufunni frá laugum og leirhverum. Rétt sunnan við hverasvæðið er tjarnastaraflói (V2) en inn á milli tjarnastararinnar eru þurrarir þúfur og rimar þar sem mólendisgróður vex.

Alls fundust 72 háplöntutegundir á svæðinu sem skoðað var og er þá votlendið talið með. Flestar tegundir fundust í mólendinu eða um 41 tegund enda komu þarna inn í snjóldældarblettir og litlar blómbrekkur sem taldar voru með mólendinu. Næst flestar tegundir fundust í tjarnastaraflóanum eða 29 tegundir.

Þó nokkrar hitakærartegundir fundust þar sem jarðhitans gætti við volga lækinn t.d. blákolla, lækjadepla, skammkrækill, tágamura og auk annarra tegunda. Stór möstur og raflínur liggja nánast þvert yfir svæðið og er það lýtur á annars fallegu og fjölbreyttu svæði.

### **Húsmúli**

Gengið var meðfram suðvestur- og vesturhlíðum Húsmúla, frá Draugatjörn og votlandinu kringum hana að mynni Engjadals. Í Draugatjörn eru síkjamari og trefjasóley, báðar vatnplöntur. Í leirefju við tjarnarbakkann vex kattarjurt, skriðdepla og blómsef. Mýrastaramýri (U5) er í kringum Draugatjörn og ásamt mýrastörinni er fergin, mýrelfting, hengistör og klófífa. Smá lækjasprænur kvíslast um mýrinna. Í og við lækjabakka er

lækjagrýta og lækjadepla og sumstaðar við bakkanna myndast dý með dýjamosa (dýjahnappur og/eða lindarskart) ásamt háplöntum eins og lindadúnurt, stjörmusteinbrjót og gullbrá. Neðst í hlíðum og á flatlendinu milli Húsmúla og Svínahrauns og inneftir Bolavöllum er graslendi (H1) nokkuð vel gróið en þó eru flög (fl) inn á milli. Ofar í hlíðum er gróðurþekja minni og meiri mosi í sverði (A5). Efst í hlíðum er melur (me) og sumstaðar ná melatungur niður eftir hlíðunum. Snjóðældargróður er sumstaðar í litlum dældum og bollum. Töluverður fjöldi tegunda fannst eða 84 tegundir að meðtöldum tegundum í votlendi við Draugatjörn en þar fundust nokkrar tegundir sem ekki fundust á öðrum svæðum sem könnuð voru.

## Engjadalur

Þegar komið er fyrir norðanverðan Húsmúla opnast inn í Engjadal. Engjadalskvísl rennur um dalinn. Rétt við minni dalsins hægra megin við göngustíg þegar gengið er inn dalinn er lítill en blautur tjarnastaraflói (V2) en auk tjarnastarar eru flóastör og blátoppastör algengar. Vinstra megin við göngustíginn er hins vegar gróðursnauður melur (me) sem nær þó á köflum yfir 5% þekju og flokkast þá sem lyngmór (B3). Stærsti hluti dalsins er graslendi (H1) þar sem túnvingull, hálíngresi og ilmreyr eru mest áberandi (2. mynd). Meiri mosi er í sverði upp í hlíðum dalsins (A5). Meðfram Engjadalskvísl eru lítt grónar áreyrar og þar má finna tegundir eins og skriðnablóm, lækjafrahyrnu, klóelftingu, skriðlíngresi og lindadúnurt og lækjagrýtu í ánni þar sem hún er lygnust. Innst í dalbotninum er mýrastara- og hengistaramýri (U1) með mýrastör, hengistör, klóífífu og mýrelftingu. Alls fundust 60 tegundir í dalnum.



2. mynd. Graslendi í Engjadal.

## Skeggjadalur

Skeggjadalur er nokkuð langur og þröngur dalur í norðanverðum Hengli. Mosi er áberandi í sverði en dalurinn er að öðru leyti grösugur. Stinnastör er einnig áberandi og sumstaðar er hún ríkjandi með mosanum. Í dalbotninum skiptast því á gróðurblettir sem ýmist eru A2, A5 eða H1. Upp í hlíðum dalsins er að finna svipuð gróðurfélög en

gróðurþekjan þar er rýrari og þar eykst hlutur smárunna (B2) og blómplantna (L2) á stöku blettum og sumstaðar verður aðalbláberjalyng ríkjandi (B9). Gróðurþekja er misgóð í dalbotninum en er þó hvergi mjög gisin. Alls fundust 60 háplöntutegundir í dalnum.

### **Kýrdalir**

Undir norðurhömrum Hengils eru Kýrdalir. Vegslóði liggur inn eftir dalnum og að lokaðri borholu. Dalbotninn er grösugur (H1) aðallega ilmreyr og bugðupunktur og gróðurþekja oftast góð en á stöku stað er gróðurþekja rýrari í dalbotninu, aðallega við vegslóðann. Graslendið nær sumstaðar nokkuð hátt upp með hlíðum dalsins en hlutur smárunna eins og krækilyngs og bláberjalyngs eykst eftir því sem ofar dregur (H3). Hlíðin vestan megin í dalnum er nokkuð grýtt og þar er gróðurþekja minni en í austurhlíð. Lágvaxnar tvíkímblaðajurtir er ríkjandi á litlum bletti í austurhlíð en þar var ljónslappi mest áberandi ásamt maríustakki, krossmöðru en einnig eru í brekkunni undafíflar, blágresi, brennisóley og burnirót. Önnur smærri gróðursamfélög í Kýrdölum eru mosa- og fléttugróður (A1, A8, J1) og lyngróður (B3). Alls fundust 59 tegundir.

### **Skarðsmýri**

Skarðsmýri er norðan við Orustuhólshraun rétt þar sem það endar við SV-hlíðar Skarðsmýrarfjalls. Þetta er lítil mýri sem afmarkast af Orustuhólshrauni að sunnan, Skarðsmýrarfjalli að norðvestan og Litla-Skarðsmýrarfjalli að norðaustan. Afleggjari frá þjóðvegi 1 liggur í gegnum mýrina og skiptir henni í tvo hluta en austasti hluti Skarðsmýrar er graslendi og mosagróður frekar en mýri eða flói. Meðfram afleggjaranum og mýrinni er búið að grafa niður vatnsrörið sem áður var minnst á og er það látið fylgja afleggjaranum. Ofan við Skarðsmýri upp í hlíðum Skarðsmýrarfjalls eru einir 3 Skíðaskálar.

Í mýrinni sjálfri er tjarnarstör ríkjandi (V2) en helstu fylgitegundir eru mýrastör, hengistör og blátoppastör (kort 2). Einnig eru litlir blettir þar sem klóffía er ríkjandi (V3) og þar sem er aðeins þurrara er mýrastör ríkjandi með klóffífu (U4). Víðitegundirnar grasvíðir, loðvíðir, grávíðir og gulvíðir fundust allar í Skarðsmýri. Aðrar algengar tegundir í votlendi sem fundust voru engjarós, horblaðka, fjalldalafífil og hófsóley. Í mýrinni eru nokkrar tjarnir sem þorna upp yfir sumartímann og í þeim eru vatnategundir eins og flagasóley, trefjasóley og alurt. Þegar gengið er austur inn eftir mýrinni og meðfram hraunjaðrinum verður graslendi ríkjandi (H1) og sumstaðar er það í sambland við mosagróður (A4/A5). Sumstaðar þar sem graslendið nær upp í hlíðar Litla-Skarðsmýrarfjalls eru blómabrekkur (L2). Mosapemba (A1) er á litlum hól í miðri mýri. Melur (me) gengur líka inn í mýrina með dæmigerðum melaplöntum eins og geldingahnappi, músareyra, lambagrasi og á einum stað í melnum var móasef ríkjandi þótt þekjan færi ekki yfir 10% að meðaltali. Upp af melnum er lyngmór (B2) með krækilyngi í aðalhlutverki. Gróðurfar í hrauninu meðfram mýrinni var ekki greint í gróðurfélög en helstu háplöntutegundir sem fundust í hraunjaðrinum voru krækilyng, bláberjalyng og hærur og tófugras í hraunskorum. Alls fundust 76 tegundir háplantna.

### **Lítill mýri við afleggjara**

Rétt áður en komið er að Hengladalsá er lítil mýri sem liggur við afleggjarann frá þjóðvegi 1. Þessi mýri/flói er töluvert blautari en Skarðsmýrinn. Tjarnastör er ríkjandi (V2) ásamt hengistör og blátoppastör en flóastör og sumstaðar vetrarkvíðastör eru líka algengar (kort 2). Upp af mýrinni í hlíðardögum Litla-Skarðsmýrarfjalls er graslendi (H1) og blómabrekka (L2). Um graslendið rennur smá lækjarspræna og í og við lækinn eru tegundir

eins og lækjadepla, lækjagrýta, lækjafraehyrna og fjalldalafífill. Á mótum votlendis og mólendis er flag þar sem meðal annars vex naflagras, flagahnöðri, blómsef, klóelfting, geldingahnappur og túnsúra. Önnur gróðursamfélög við mýrina er mosagróður (A1, A8/A3). Alls fundust 65 tegundir háplantna.

### **Fremstidalur**

Dalurinn er einstaklega fallegur, innrammaður af Litla-Skarðsmýrarfjalli, Skarðsmýrarfjalli, Hengli og Svínahlíð. Hengladalsá og kvíslar hennar renna um dalinn. Volgrur úr norðvesturhlíðum Hengils renna í þá kvísl sem rennur um miðjan dalinn. Jarðhitasvæði með brennisteinshverum er í austurhlíðum Hengils og einnig í norðvesturhlíðum hans en þar undir eru einnig leirhverir og laugar. Víðáttumesta gróðurlendið í dalbotninum er tjarnastaraflói (V2) (kort 2). Einnig eru stórir mýrastaraflákar ásamt klófífu (U4) þar sem er aðeins þurrara (3. mynd). Algengustu starategundir með tjarnastörinni í flóanum eru hengistör, mýrastör og blátoppastör og einnig flóastör og vetrarkvíðastör þar sem blautast er. Algengir tvíkímblöðungar í tjarnastaraflóa og/eða með mýrastör og klófífu eru horblaðka, engjarós og hrafnaklukka. Einnig má finna litlar víðhríslur, grasvíði, gulvíði, grávíði, loðvíði ýmist í votlendinu sjálfu eða á þurrari blettum.



**3. mynd.** Horft í norðurátt yfir Fremstadal. Fremst er mosagróður en síðan tekur votlendið við. Jarðhitasvæði eru í hlíðum Hengils.

Graslendi (H1, H3, H7) er upp með öllum hlíðum meðfram votlendinu og einng meðfram árkvíslum. Áreyrar eru sumstaðar meðfram kvíslum en eru ekki víðáttumiklar. Á áreyrum vaxa tegundir eins og mýrasef, músareyra, vegarfi, skriðlíngresi, snarrótarpuntur, lækjasef, varpasveifgras, haugarfi, naflagras, ólafssúra og flagasóley og loðvíðir þar sem er sendið. Í graslendinu meðfram bökkunum eru tvíkímblaðajurtir eins og fjalldalafífill, blágresi og brennisóley. Á þeim stöðum í kvíslinni þar sem er lygnast eru vatnajurtir eins og lónasóley, trefjasóley, síkjabruða og vorbrúða. Í volgrum eru laugabruða og laugadepla en sú síðarnefnda er mjög sjaldgæf og finnst aðeins á nokkrum stöðum á SV-landi (Hörður Kristinsson 1986 og persónulegar upplýsingar). Ekki vaxa margar tegundir í leir við brennisteinshverina en þó má nefna skriðlíngresi, grámyglu og túnvingul. Mikið er af skarífílli



og heiðadúnurt í graslendinum næst leirnum. Önnur gróðursamfélög í Fremstadal eru mosa- og fléttugróður (A3, A8, J1) og einnig er snjóðældargróður þar sem snjór liggur yfir þó sjaldnast nái það yfir stór svæði nema helst þar sem er finnungur (H6). Sjálfur dalurinn er að mestu vel gróinn, nema á áreyrum, en melar (me) og moldir (mo) eru ofarlega í hlíðum og rimum upp af dalnum.

Alls fundust 87 tegundir sem endurspeglar mósak mismunandi búsvæða sem er að finna í dalnum (4. mynd).



**4. mynd.** Horft yfir votlendið í Fremstadal að Litla-Skarðsmýrarfjalli þar sem mismunandi gróðursamfélög mynda mósak bletta

## Miðdalur

Er lítill og grösugur dalur milli austanverðs Skarðsmýrafjalls og Hengils. Dalurinn gengur norðvestan úr Fremstadal. Inn úr Miðdal er hægt að ganga um Þrengslin og inn í Innstadal. Hengladalsá rennur um dalinn meðfram Skarðsmýrarfjalli. Áreyrar eru nokkuð víða meðfram ánni með gróðri sem einkennir þær, skriðlíngresi, músareyra, lækjafræhyrnu, lækjasef og fleiri tegundir. Mosagróður með túnvingli og blávingli (A5) er í minni dalsins meðfram ánni, nokkuð vel gróinn en melur (me) og þekjulitlar mosapembur (A1) eru í fjallshlíðum (kort 2). Innar í dalnum tekur við graslendi (H1) og nær það sumstaðar töluvert langt upp eftir hlíðum Hengils. Innarlega í dalnum er einnig að finna votlendi, litla klóffubletti (V3) og mýrastör ýmist einráða (U5) eða með klóffu sem fylgitegund (U4). Úr hlíðum Hengils renna margar smávolgrur niður um dalinn. Þar eru tegundir sem bundar eru við laugar og volgrur eins og laugabrúða og laugadepla en eins og áður er getið er sú síðarnefnda mjög sjaldgæf (Hörður Kristinsson 1986 og persónulegar upplýsingar). Einnig er að finna í og við volgrumar lækjagrýtu, lækjadeplu, lækjafræhyrnu, lækjasef og lindadúnurt. Í dalnum er einnig að finna nokkra leirhverfi flesta smáa en þó er einn nokkuð stór í upphækkaðri hverskál sem er í hálfgerðum skúta innarlega í dalnum milli Skarðsmýrarfjalls og Hengladalsár. Brennisteinsaugu er sumstaðar í hlíðardrögum og meðfram ánni. Við eitt slíkt svæði var töluverður djámosi (U21) ásamt tildurmosa og skrautmosa með blóðbergi

(A10), en einnig vex í mosanum skarifífill, lindadúnurt, laugasef og naðurtunga en síðast nefnda tegundin er bundin við jarðhitasvæði og er sjaldgæf. Alls fundust 61 tegund í Miðdal.

### **Innstidalur**

Innstidalur liggur eins og hálfmáni, innrammaður af norðurhlíðum Skarðsmýrafjalls sem ganga inn í dalinn að sunnan og af Hengli sem myndar nánast boga utan um dalinn norðanverðan. Fljótt á lítið virðist dalurinn mjög grösugur en þegar betur er að gáð einkennist dalbotninn af mosa með stinnastör og smárunnum (A3) sem í þessu tilfelli er grasvíðir. Þekja hans er það mikil að hann myndar gróðursamfélag með mosanum og stinnastörinni þannig að úr verður blandað gróðursamfélag A3/D6. Þó gróðurþekja sé um og yfir 90% að meðaltali þá er hún frekar þunn þ.e. gróðurinn er afar lágvaxinn. Um miðjan dalinn gengur lág tunga frá Skarðsmýrafjalli og þar er að finna gróðurlendi eins og A1, A8 og J1. Upp við fjallsrætur Skarðsmýrafjalls og Hengils hverfur mosi að mestu úr sverði þannig að í stað A3/D6 kemur G2/D6. Ofar í fjallshlíðum eru gróðursamfélög ýmist A8 eða H3 og sumstaðar er djámosi þar sem lækjasprænur koma upp við fjallsrætur (U21). Í djámosanum vaxa háplöntur eins og lindadúnurt, stjörnusteinbrjótur og hrafnaklukka. Við lækjasprænur sem renna um dalinn er að finna tegundir eins lækjadeplu, brennisóley og sumstaðar klófífu og hrafnafífu. Skriðnablóm, klóelfting og skriðlíngresi vaxa við áreyrar lækja. Lækjasteinbrjótur, tófugras og ólafssúra ásamt snjóðældartegundum eru við hraunhóla sem eru á stöku stað í dalnum. Alls fundust 56 tegundir en hafa ber í huga að gróður í kringum jarðhitasvæði við skíðaskála sem er upp í hlíðum Hengils var ekki skoðað.

### **Ölkelduháls vestan afleggjara**

Þetta er lítið jarðhitasvæði sem einkennist af brennisteinshverum. Við hveraaugun sjálf er mjög mikill hiti rétt undir yfirborði, allt að 100°C og áhrifa jarðhitans gætir töluvert langt út frá miðju jarðhitasvæðisins. Umhverfis brennisteinsaugun er leir. Þekja háplantna er mjög lítil í leirnum, a.m.k. næst hveraaugunum, stöku blóðberg og skriðlíngresi. Hins vegar er töluverður mosi. Þetta eru mosarnir mýrfjöður (*Fissidens adianthoides*) og slæðumosi (*Archidium alternifolium*) sem mynda eins og net á milli hveraugnanna en lauganistill (*Riccia beyrichiana*) er á milli í möskvum. Tveir síðastnefndu mosarnir eru bundnir við jarðhitasvæði en mýrfjöður er algengur á jarðhitasvæðum þó hann sé ekki bundin við þau. Í leirblönduðum meljarðvegi þar sem hiti var töluvert lægri fundust háplöntutegundir sem finnast ekki nema á jarðhitasvæðum. Þetta eru (dverg)græðisúra, naðurtunga og grámygla allt sjaldgæfar tegundir. Utan við leirsvæðið er gróðursamfélag þar sem mosi, tildur- og skrautmosi er mest áberandi en af háplöntum er það blóðberg (A10) og sumstaðar var þekja þess meiri en mosans, sérstaklega þar sem undirlagið var smágrýtt. Neðan við A10 svæðið er gróskumikið graslendi (H2) sem greinilega nýtur góðs af jarðhitanum. Helstu grastegundir eru túnvingull, blávingull, skriðlíngresi og bugðupunktur ásamt stinnastör. Gróðurþekja í graslendi með smárunnum (H3) þar sem jarðhitans gætir nær ekkert er mun minni. Lítil stinnastarablettur (G1) er í smá kvos rétt neðan við leirinn. Víðáttumesta gróðursamfélagið er mosagróður (A3, A4 og A8). Gróðurþekjan í mosagróðrinum er mismikil. Hún er um 100% í mólendinu neðan við jarðhitasvæðið en aðeins um 50-75% að meðaltali á hæðarriminni ofan við jarðhitasvæðið. 51 tegund háplantna fannst á þessu svæði.

## 4. Niðurstöður og umræða

### 4.1 Flóra á Hellisheiði og Hengilssvæði

Talið er að á Íslandi vaxi um 438 villtar tegundir háplantna ef undakildar eru um fjölmargar tegundir undafífla og túnfífla (Hörður Kristinsson 1986). Alls voru skráðar 142 tegundir í þessari könnun sem eru rúmlega 32% íslensku flórunnar. Ættkvíslir undafífla og túnfífla voru ekki greindar til einstakra tegunda. Tegundalistar ættu að gefa góða mynd af flóru svæðisins í heild en ekki má líta á þá sem tæmandi lista yfir tegundir háplantna á Hengilssvæði og Hellisheiði. Hafa ber í huga að í þessari könnun voru tegundir háplantna skráðar á fyrirfram völdum svæðum, sum hver fremur einsleit gróðurfarslega en önnur fjölbreyttari. Sem dæmi má taka að flóra við vegkanta var ekki skráð en þar mætti hugsanlega finna tegundir sem algengar eru í raski eins og njóla, hjartaarfa, hóffífil, hundasúra, háliðagras og fleiri tegundir.

#### 4.1.1 Tegundaauðgi

Þar sem mosagróður og graslendi eru einráð er flóran tegundafátæk og oftast er um að ræða mjög algengar tegundir. Þetta eru svæði eins og Stóra-Reykjafell, Skarðsmýrarfjall, Hellisskarð og Ölkelduháls vestan afleggjara þar sem að fjöldi tegunda var á bilinu 35-51, jafnvel þótt á Ölkelduhálsi hafi bæst við jarðhitategundir (1. viðauki).

Tegundaauðugstu svæðin eru Fremstidalur og Húsmúli enda er þar að finna fjöldbreyttustu gróðurlendin og þá sérstaklega í Fremstadal. Skarðsmýri, Sleggjubeinsdalur og Ölkelduháls austan afleggjara eru einnig tegundaauðug. Á öllum þessum svæðum er að finna votlendi nema í Sleggjubeinsdal. Þar sem votlendi er eða lækjasprænur, eykst tegundafjölbreytnin til muna. Ekkert svæði sker sig þó úr hvað varðar tegundaauðgi á landsvísu en á svæðisvísu (Hellisheiði-Hengilssvæði) telst Fremstidalur hafa sérstöðu vegna mikillar tegundaauðgi.

#### 4.1.2 Sjaldgæfar tegundir

Nokkrar sjaldgæfar tegundir fundust á svæðinu. Þetta eru naðurtunga, grámygla, laugadepla og dvergafbrigði af græðisúru, allt tegundir sem bundnar eru við jarðhita. Einnig má nefna blákollu og laugabruðu sem eru nokkuð algengar sunnanlands og í hlýjustu sveitum landsins en eru fremur sjaldgæfar í öðrum landshlutum og þar bundnar við jarðhita. Þessar tegundir fundust aðeins í Fremstadal, Miðdal og á Ölkelduhálsi vestan afleggjara (1. viðauki) og gefa þær þessum stöðum mikla sérstöðu bæði á land- og svæðisvísu.

#### 4.1.3 Jarðhiti

Það er ekki sjálfsgefið að þar sem jarðhita gætir finnist alltaf jarðhitaplöntur, þ.e. plöntur sem ekki finnast annarsstaðar en við jarðhita. Víða er hiti of mikill eða leirkenndur jarðvegurinn (hverajarðvegur) hentar ekki plöntum og er því mjög gróðursnauður sbr. jarðhitasvæðin í Sleggjubeinsdal og á Ölkelduhálsi austan afleggjara þar sem varla var að

finna stingandi strá í leimum næst hveraaugunum. Það er því enn meiri ástæða til að varðveita þau jarðhitasvæði þar sem þennan sérstæða gróður er að finna.

Flestar tegundir sem bundnar eru við jarðhitasvæði eru mjög sjaldgæfar hér á landi og sumar hverjar aðeins fundnar á örfáum stöðum á landinu. Sem dæmi má nefna tegundir eins og laugadeplu og naðurtungu en báðar þessar tegundir eru á plöntuválista Náttúrufræðistofnunar Íslands (1996). Laugardepla er þar í flokki yfir tegundir í yfirvofandi hættu (VU) vegna þess að útbreiðsla hennar er takmörkuð innan við 10 fundarstaði sem allir eru á suðvesturhorni landsins. Naðurtunga er flokkuð sem tegund í nokkurri hættu (LR). Hún finnst á Reykjanesskaga og á nokkrum stöðum við jarðhita á miðhálandinu og svo t.d. á Þeistareykjum fyrir norðan. Einnig má nefna tegundir eins og blákollu, grámyglu, laugabrúðu og græðisúru sem eru algengari á jarðhitasvæðum en utan þeirra og einnig er greint sérstakt dvergafbrigði græðisúru sem finnst aðeins við jarðhita (Steindór Steindórsson 1964). Laugadepla fannst á tveimur svæðum í þessari könnun, í Fremstadal og í Miðdal sem eru nýir fundarstaðir í báðum tilfellum (Hörður Kristinsson persónulegar upplýsingar). Naðurtunga fannst einnig á tveimur svæðum, á Ölkelduhálsi vestan afleggjara og í Miðdal. Þetta eru líklegast einnig nýir fundarstaðir (Hörður Kristinsson persónulegar upplýsingar). Græðisúra er þekkt sem slæðingur í þéttbýli og við bæi en finnst annars aðeins við laugar og hveru og er þá oft dvergvaxin (Hörður Kristinsson 1986) eins og áður hefur komið fram. Í þessari könnun fannst hún aðeins við Ölkelduhálsi vestan afleggjara og þá sem dvergvaxið afbrigði.

## 4.2 Gróður

Fjölbeyttustu gróðurlendin voru austan megin við Skarðsmýrafjall þar sem gengið er eftir vegslóða meðfram Skarðsmýri og inn í Miðdal og/eða Fremstadal. Einnig eru fjölbreytt gróðurlendi á Ölkelduhálsi austan afleggjara og í sunnaverðum Húsmúla. Á þessum svæðum er votlendi, graslendi ásamt mosagróðri og bersvæðagróðri sem mynda mósaík gróðurlenda. Hafa ber þó í huga að ekki er mikið um stóra samfellda votlendisfláka á svæðinu. Ekkert gróðurlendanna getur talist sjaldgæft, hvorki á lands- né svæðisvísu.

Jarðhitagróður er í Miðdal og á Ölkelduhálsi vestan afleggjara og er þar frekar áberandi (A10) auk þess sem þar fundust sjaldgæfar tegundir. Gróður í Fremstadal og á Ölkelduhálsi austan afleggjara naut einnig góðs af jarðhitanum. Þessi svæði hafa því talsverða sérstöðu hvað varðar sjaldgæf gróðurlendi bæði á lands- og svæðisvísu.

## 4.3 Samanburður við önnur svæði

### 4.3.1 Útivistarsvæði í nágrenni höfuðborgarsvæðisins

Vinsæl útivistarsvæði í svipaðri fjarlægð frá höfuðborgarsvæðinu eins og Heiðmörk, Reykjanesfólkvangur, Þingvellir eru að sumu leyti keimlík Hellisheiði og Hengilssvæðinu. Mosapemba og annar mosagróður ásamt mólendi er áberandi á öllum þessum svæðum en um leið er hvert þeirra er sérstakt gróðurfarslega. Sérstæða Hellisheiðar/Hengilssvæðisins liggur í fyrsta lagi í því að það er hærra yfir sjó sem gefur gróðurfari ákveðið yfirbragð, bersvæðagróður er áberandi ofan til í fjallshlíðum en einnig er víða snjódældargróður á litlum blettum þar sem aðalbláberjalyng ásamt öðrum lynggróðri gefur gróðurfari sérstakan svip. Hafa ber í huga að snjódældargróður er ekki algengur á Suður- og Suðvesturlandi. Kjarlendi þar sem birki og/eða víðitegundir eru ríkjandi fannst ekki á athugunarsvæðinu og samkvæmt útgefnum gróðurkortum er lítið um það (RALA 1972, 1990). Það er hins vegar



öllu algengara bæði í Heiðmörk (RALA Elliðavatn 1988, Vífilfell 1988) og sérstaklega í Þjóðgarðinum á Þingvöllum (Kristbjörn Egilsson og Eypór Einarsson 1987, RALA Þingvallavatn 1988). Reykjanes er líklega það svæði sem í gróðurfarslegu tilliti er einna líkast Helligheiði/Hengilssvæðinu. Líkt og þar eru mosapembur og mosagróður áberandi ásamt lynggróðri í lautum og dældum og þar er einnig að finna jarðhitagróður. Votlendissvæði á Reykjanesi eru þó mjög fá og lítil (Kristbjörn Egilsson (ritstj.) 1989, RALA Grindavík 1968, Selvogur 115 1968) og líklega myndi Reykjanes ekki teljast eins fjölbreytt gróðurfarslega og Helligheiði/Hengilssvæði.

Stór hluti Hengilssvæðisins, sérstaklega miðhluti þess er lítið raskaður utan fáeina slóða og kofa. Villtur gróður hefur að mestu fengið að dafna án afskipta mannsins, ólíkt t.d. í Heiðmörk þar sem barrtrjám hefur verið plantað sumstaðar í stórum stíl og alaskalúpína þekur stór svæði (RALA Elliðavatn 1988, Vífilfell 1988). Það sama á við sumstaðar í kringum Þingvallavatn þar sem skógrækt er áberandi í sumarbústaðalöndum og á fleiri svæðum í kringum vatnið (Kristbjörn Egilsson (ritstj.) 1999). Þó að votlendi sé ekki stór hluti af gróðurfari á Helligheiði/Hengilssvæðinu þá hefur því votlendi sem finnst á svæðinu lítið verið raskað en óframræst votlendi eru afar fá á suðvesturhorni landsins.

Samkvæmt nýlegri skoðanakönnun Þóru Ellenar Þórhallsdóttur (2002) um Hengilssvæðið sem útivistarsvæði var helsta aðdráttarafli svæðisins fagurt og fjölbreytt landslag. Gróður var í 5. sæti af 16 möguleikum sem þátttakendur nefndu sem aðdráttarafli fyrir svæðið. Það er því ljóst að flóra og samspil gróðurs spilar töluvert stórt hlutverk sem aðdráttarafli fyrir Helligheiði/Hengilssvæðið.

### **4.3.2 Jarðhitagróður**

Hingað til hafa mjög fáar gróðurfarsrannsóknir verið gerðar á svæðum þar sem jarðhita og áhrif hans á gróður verið gerðar. Til eru upplýsingar um fundarstaði jarðhitagróðurs (Hörður Kristinsson 1986) en gera má ráð fyrir að enn skorti töluvert upp á þær sbr. að í þessari athugun komu í ljós áður óþekktir vaxtarstaðir naðurtungu og laugadeplu. Einnig hafa verið gerðar úttektir á náttúrufari í kringum jarðhitasvæði í tengslum við fyrirhugaðar framkvæmdir (Kristbjörn Egilsson (ritstj.) 1989, Kristbjörn Egilsson og fél. 2000, Eva G. Þorvaldsdóttir 2000, Hörður Kristinsson 2001). Þó að jarðhitagróður finnist á þó nokkrum svæðum hér á landi þá geta svæðin og nánasta umhverfi þeirra verið ólík innbyrðis og þar sem aðrir umhverfisþættir eins og veðurfar og jarðvegur hafa áhrif á gróðurfarið.

### **4.4 Mat á verndargildi**

Hengilssvæðið er á Náttúruminjaskrá (1996) og þá fyrst og fremst fyrir stórbrotið landslag, fjölbreyttni í jarðmyndunum, og einnig er þar jarðhiti (Náttúruminjaskrá 1996). Ekki er sérstaklega vikið að gróðurfari í lýsingu á svæðinu í Náttúruminjaskrá.

Víðáttumesta gróðurlendið á Helligheiði og Hengilssvæðinu er mosapemba ásamt grösum og/eða smárunnum á hrauni sem undirlagi. Graslendi kemur næst mosagróðri að víðáttu en er oftast litlir blettir eða ræmur meðfram hraunjaðri og í hlíðardrögum. Sumstaðar nær graslendið yfir stærri samfelldari svæði, t.d í inndölum. Önnur gróðurlendi eru sjaldgæfari eða mynda ekki stórar samfellur en þó eru sumstaðar stórir votlendisflákar. Víða er gróðurþekja rýr. Þetta á sérstakleg við ofanverðar fjallshlíðar, fjallatoppa og hraunrima.

Þau gróðurlendi sem hér hafa verið talin upp er algeng um allt land og að því leyti hefur svæðið ekki gróðurfarslega sérstöðu. Verndargildi einstakra gróðurlenda er því hvorki hátt á heimsvísu né landsvísu.

Á svæðisvísu er verndargildi gróðurs hins vegar talsvert. Helligheiði og Hengilssvæðið er í nágrenni höfuðborgarsvæðisins og fá svæði í nágrenni þess eru eins fjölbreytt gróðurfarslega, sérstaklega ef tekið er tillit til þess að svæðið er í um og yfir 350 m h.y.s. Líta má á vel gróna inndali sem eins konar graslendis- eða votlendiseyjar, vel afmarkaðar frá lítt grónum mosa- og lyngróðrinum í kring. Sérstaða Helligheiði og Hengilssvæðis liggur þó fyrst og fremst í jarðhitanum og þeim sérstaka gróðri sem gjarnan fylgir honum. Jarðhitagróður er sjaldgæfur og yfirleitt nær yfir það litla bletti að þeir verða sjaldnast merktir inn á gróðurkort. Þetta eykur mjög á fjölbreytni svæðisins bæði hvað varðar fjölbreytni í gróðri og tegundaauðgi.

#### 4.5 Forgangsröðun svæða.

1) *Fremstidalur* er talinn gróðurfarslega mikilvægastur af þeim svæðum sem skoðuð voru. Hann er tegundaauðugastur sem skýrist af fjölbreyttum gróðurlendum (kort 2), fyrst og fremst votlendi og þar fundust einnig sjaldgæfar tegundir sem bundnar eru við jarðhita, laugadepla og grámygla auk annarra hitakærra tegunda eins og blákolla og laugabruða.

2) *Miðdalur* kæmi næst á eftir en þar fundust 2 tegundir sem báðar eru á valista NÍ, naðurtunga og laugadepla og í dalnum er einstaklega fallett samspil gróðurlenda, votlendi, graslendi og jarðhitagróður, þótt aðeins hafi fundist 61 tegund.

3) *Ölkelduhálsi vestan afleggjara* er lítið jarðhitasvæði en þar er finnst sjaldgæfar jarðhitategundir, háplönturnar naðurtunga, grámygla og dvergvasið afbrigði græðisúru og mosarnir slæðumosi (*Archidium alternifolium*) og lauganistill (*Riccia beyrichiana*) sem bundnir eru við jarðhitasvæði.

4) *Skarðsmýri* er frekar lítil mýri/flói en fjöldi tegunda var þó mikil bæði í sjálfri mýrinni og í mismunandi gróðurlendum umhverfis hana (kort 2).

5) *Húsmúli*, *Ölkelduháls austan afleggjara* og *Sleggjubeinsdalur* eru allt nokkuð tegundaauðug svæði enda farið yfir frekar stór svæði. Við Húsmúla er það fyrst og fremst svæðið umhverfis Draugatjörn sem er gróðurfarslega fjölbreyttast. Á Ölkelduhálsi austan afleggjara og í Sleggjubeinsdal er að finna fjölbreytt gróðurlendi en hluti þessarra svæða er nokkuð sundurskorinn af slóðum og raflínumöstrum. Leggja má að jöfnu hvað varðar gróðurfarslegt mikilvægi þessarra þriggja svæða.

6) *Engjadalur* er frekar tegundafátækur þrátt fyrir nokkuð fjölbreytt gróðurlendi með votlendisblettum.

7) Þótt fjöldi tegunda hafi ekki verið mjög mikill í *Innstadal* þá verður að hafa í huga að ekki náðist að kanna gróður við jarðhitasvæðið upp í hlíðum Hengils sem liggur að Innstadal.

8) *Kýrdalir* og *Skeggjadalur* eru einsleitir gróðurfarslega og tegundafátækir.

#### 4.6 Fyrirhuguð virkjanasvæði og líklega áhrif framkvæmda á gróður

Ekki liggja enn fyrir nákvæmar upplýsingar um borstaði, virkjanasvæði og efnistöku þó að fyrir liggja hugmyndir um hugsanleg svæði. Þegar er búið að bora á tveimur stöðum. Gróður á þessum tveimur stöðum er fyrst og fremst mosagóður, graslendi og bersvæðagróður. Ekki er líklegt að framkvæmdir á þessum tveimur stöðum muni hafa

veruleg áhrif á gróður nema staðbundinn þar sem borþallur og vegslóðar liggja yfir gróðurlendi. Reynt hefur verið eftir fremsta megni að nýta þá vegslóða sem fyrir eru og niðurgrafnar vatnslagnir látnar fylgja þeim eins og hægt er. Miðað við þær hugmyndir sem fyrir liggja þá virðist sem gróðurfur á fyrirhuguðum borsvæðum sé svipað og á þeim tveimur stöðum sem þegar er búið að bora (kort 1 og 2). Reynt verður við staðsetningu borþalla að nýta t.d. bersvæði á flatlendi sbr. fyrirhugaða staðsetningu fyrir borþall á bílastæði við Víkingsskiðaskálann neðst í Sleggjubeinsdal. Með góðu skipulagi er ekki talið líklegt að mikil röskun verði á stórum grónum svæðum eða á sjaldgæfum gróðurlendum né að sjaldgæfar tegundir hverfi úr flóru svæðisins vegna framkvæmda. Líkleg áhrif á gróður ættu að vera fremur staðbundin. Hafa ber þó í huga að rofhætta gæti aukist í kjölfar framkvæmda t.d. þar sem gróðurþekja hefur verið rofin.

Það hafa ekki verið gerðar miklar rannsóknir á áhrifum gufu frá borholum á gróðurfur. Það fer væntanlega töluvert eftir ríkjandi vindáttum á svæðinu og hversu hár gufustrókurinn er og hversu lengi hann varir hver hugsanleg áhrif geta orðið. Vitað er að útfellingar og varma- og efnamengun geta haft áhrif á nánasta umhverfi (Jón Steinar Guðmundsson 1980) en mælingar voru gerðar á gasinnihaldi og samsetningu jarðhitavökva við blástur rannsóknahola HE-3 og HE-4 og munu þær niðurstöður liggja fyrir í maí 2002 (VGK 2002). Talið er að gróðurskemmdir hafi orðið í kjölfar boranna við Nesjavallavirkjun þegar gufustrókur hafi lagst yfir gróid svæði og efni í gufunni komist í snertingu við gróðurinn (Kristbjörn Egilsson og féll. 2000).

## 5. Ábendingar og tillögur um vöktun

Í þessari athugun var lögð áhersla á að kanna svæðin í kringum fyrirhugaðar tilraunaborholur og svæði sem talin voru hafa sérstöðu vegna flóru og/eða gróðurs. Ekki var talið nauðsynlegt að kanna sérstaklega gróður í mosavöxnum hraunum enda gróður þar fremur einsleitur. Gróðurfur var þó aðeins kannað í jaðri Orustuhólshrauns á móts tilraunaborholu HE-3 við Stóra-Skarðsmýrarfjall og í hraunjaðrinum við Skarðsmýri. Orkuveita Reykjavíkur hefur lagt áherslu á að hrófla sem minnst við jaðri Orustuhólshrauns og bæta umgengni og lagfæra malarnámusvæði t.d. við Gígi og er það vel.

Samkvæmt matsáætlun (VKG 2000) er gert ráð fyrir að sá í vegslóða meðfram safnæðum og er hér lagt til að notast verði við uppræðsluáðferðir sem miðist við að gróður verði sem líkastur gróðri í nágrenni (grenndargróður).

Raflínur eru sumstaðar mjög áberandi sem er miður en engu að síður býður svæðið upp á marga útvistarmöguleika og aðgangur að svæðinu er góður með fjölbreyttum gönguleiðum sem liggja um svæðið þar sem mismunandi gróðurlendi ber fyrir augu. Gróðurfur er nokkuð hátt metið sem aðráttarafl á Hengilssvæðinu. Lögð er áhersla á að viðhalda fjölbreytileika þess þannig að sem flest svæði njóti sín án afskipta mannsins.

Eins og nefnt var hér að ofan hafa ekki farið fram miklar rannsóknir á áhrifum gufuúttreyemis frá borholum á gróður. Það er því lagt til að fylgst verði með gróðurbreytingum ef séð verði fram á að mikið gufuúttreyemi liggi yfir gróðurlendi, t.d. upp í suðurhlíðar Stóra-Skarðsmýrarfjalls við borholu HE-3 þar sem finna mátti snjóðældargróður

í bollum. Það fer eftir hæð útblásturs og þeim tíma sem borholurnar verða látnar blása hversu náið þarf að fylgjast með gróðri.

Samkvæmt tillögu að matsáætlun (VKG 2002) er ekki búist við áhrifum á yfirborðsvirkni jarðhita en grunngögnum um hveru verður safnað um þessi svæði. Þótt ekki sé gert ráð fyrir að fágætar plöntutegundir hverfi eða búsvæði þeirra eyðilögð í kjölfar framkvæmda þá er lagt til að sérstaklega verði fylgst með gróðri og plöntutegundir skráðar þar sem jarðhiti er á yfirborði.

## 6. Þakkir

Ég vil sérstaklega þakka Óskari Sigurðssyni hjá Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns sem sá um að teikna gróðurkortid inn á loftmyndir frá Loftmyndum ehf. Einnig vil ég þakka þeim Berþóri Jóhannssyni sem greindi fyrir mig mosa og Herði Kristinssyni fyrir ýmsar upplýsingar um jarðhitaplöntur.

Þóra Ellen Þórhallsdóttir fær bestu þakkir fyrir að hafa lesið yfir skýrsluna og komið með gagnlegar ábendingar.

## 7. Heimildaskrá

Bergþór Jóhannsson 1990, 1992, 1996, 1998. Íslenskir mosar. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 15, 20, 29, 36.

Eva G. Þorvaldsdóttir 2000. Gróður á hverasvæðinu í Hveragerði. Skýrsla Náttúrufræðistofnunar Íslands (NÍ-00002). 21 bls.

Hörður Kristinsson 1986. Plöntuhandbókin. Blómplöntur og byrkinga. Íslensk náttúra II. Örn og Örlygur, Reykjavík. 306 bls.

Hörður Kristinsson 2001. Gróðurfar við jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi í Mývatnssveit. Valkostir norðan þjóvega. Skýrsla Náttúrufræðistofnunar Íslands (NÍ-01020).

Jón Steinar Guðmudsson 1980. Umhverfisáhrif jarðhitanytingar. Náttúrufræðingurinn 50: 294-308.

Kristbjörn Egilsson og Eypór Einarsson 1987. Gróðurrannsóknir á Þingvöllum sumurinn 1986 og 1987. Skýrsla Náttúrufræðistofnunar Íslands. 55 bls.

Kristbjörn Egilsson (ritsj.), Guðmundur Guðjónsson, Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Haukur Jóhannesson, Ólafur Einarsson og Agnar Ingólfsson 1989. Náttúrufræðingurinn á sunnanverðum Reykjanesskaga. Unnið af Náttúrufræðistofnunar Íslands fyrir Samvinnunefnd um Skipulagsmál á Suðurnesjum. 85 bls .



Kristbjörn Egilsson (ritsj.), Guðmundur Guðjónsson, María Haðardóttir og Ólafur K. Nielsen 1999. Náttúrufar í landi Ölfusvatns í Grafningi. Skýrsla Náttúrufræðistofnunar Íslands (NÍ-99026). 25 bls .

Kristbjörn Egilsson, María Haðardóttir og Guðmundur Guðjónsson 2000. Gróðurfar og fuglalíf á landi Nesjavallavirkjunar. Skýrsla Náttúrufræðistofnunar Íslands (NÍ-00014). 20 bls.

Náttúruminjaskrá 1996. Friðlýst svæði og aðrar skráðar náttúruminjar. 7. útg. Náttúruverndarráð. Reykjavík. 64 bls.

Rannsóknastofnun Landbúnaðarins 1968. Gróðurkort af Íslandi. Grindavík, blað 95. 1:40.000

Rannsóknastofnun Landbúnaðarins 1968. Gróðurkort af Íslandi. Selvogur, blað 115. 1:40.000

Rannsóknastofnun Landbúnaðarins 1970. Gróðurkort af Íslandi . Hengill, blað 134. 1:40.000

Rannsóknastofnun Landbúnaðarins 1988. Gróður- og jarðakort. Vífilfell 1613 III SA. 1:25.000

Rannsóknastofnun Landbúnaðarins 1988. Gróður- og jarðakort. Elliðavatn 1613 III SV. 1:25.000

Rannsóknastofnun Landbúnaðarins 1988. Gróður- og jarðakort. Þingvallavatn 1613 II NA. 1:25.000

Rannsóknastofnun Landbúnaðarins 1990. Gróður- og jarðakort. Hellisheiði 1613 II SV. 1:25.000

Steindór Steindórsson 1964. Gróður á Íslandi. Almenna bókafélagið, Reykjavík. 186 bls.

Steindór Steindórsson 1981. Flokkun gróðurs í gróðurfélög. Í: Íslenskar landbúnaðarrannsóknir 12: 11-52.

Válisti 1. Plöntur. Náttúrufræðistofnun Íslands, Reykjavík 1996.

VGK, Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns hf. 2002. Virkjun á Hellisheiði. Rafstöð allt að 120 MW. Varmastöð allt að 400 MW. Mat á umhverfisáhrifum. Tillaga að matsáætlun. 14 bls.

Póra Ellen Þórhallsdóttir 2002. Gildi landslags á Hengilssvæðinu einkum á þeim svæðum sem til greina koma vegna orkuvinnslu. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 61. 44 bls.



1. viðauki. Samantekt á flóru á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæði.

Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundheiti	Helliskarð	Sleggjubeinsdalur	Borh. HE-4 við Stóra-Reykjafell		Ölkelduháls-austur	Húsmúli	Engjadalur	Skeggjadalur	Kýrdalur	Skarðsmýri	Lítill mýr við Fremstadal	Fremstidalur	Miðdalur	Innstidalur	Ölkelduháls-vestur	fjöldi fundarstaða tegunda
				Borh. HE-4 við Stóra-Reykjafell	Borh. HE-3 við Skarðsmýrarfj.												
Alurt	<i>Subularia aquatica</i>										x						1
Aðalbláberjalyng	<i>Vaccinium myrtillus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x			x		x	x	x	12
Augnfró	<i>Euphrasia frigida</i>		x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	11
Axhæra	<i>Luzula spicata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	15
Beitieski	<i>Equisetum variegatum</i>		x								x	x	x	x			6
Beitilyng	<i>Calluna vulgaris</i>						x	x									2
Bláberjalyng	<i>Vaccinium uliginosum</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14
Blágresi	<i>Geranium sylvaticum</i>		x	x	x	x	x		x	x			x				8
Blákolla	<i>Prunella vulgaris</i>					x							x				2
Blásveifgras	<i>Poa glauca</i>	x					x	x	x	x	x	x	x				7
Blátoppastör	<i>Carex curta</i>										x	x	x				4
Blávingull	<i>Festuca vivipara</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
Blóðberg	<i>Thymus praecox ssp. arcticus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
Blómsef	<i>Juncus triglumis</i>						x				x	x	x				4
Brennisóley	<i>Ranunculus acris</i>		x	x		x	x		x	x	x		x	x	x	x	11
Brjóstagras	<i>Thalictrum alpinum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
Bugðupuntur	<i>Deschampsia flexuosa</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			14
Burnirót	<i>Rhodiola rosea</i>					x				x							2
Engjarós	<i>Potentilla palustris</i>					x	x				x	x	x				5
Eski	<i>Equisetum hyemale</i>									x							1
Fergin	<i>Equisetum fluviatile</i>					x	x				x		x				4
Finnungur	<i>Nardus stricta</i>		x		x	x	x	x	x				x			x	9
Fjalladepla	<i>Veronica alpina</i>	x	x	x	x	x		x		x			x		x	x	10
Fjallafoxgras	<i>Phleum alpinum</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14

1. viðauki. Samantekt á flóru á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæði.

Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundheiti	Helliskarð														fjöldi fundarstaða tegunda
		Sleggjubeinsdalur	Borh. HE-4 við Stóra-Reykjafell	Borh. HE-3 við Skarðsmýrarfj.	Ölkelduháls-austur	Húsmúli	Engjadalur	Skeggjadalur	Kýrdalur	Skarðsmýri	Lítill mýr við Fremstadal	Fremstidalur	Miðdalur	Innstidalur	Ölkelduháls-vestur	
Fjallapunktur	<i>Deschampsia alpina</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		12
Fjallasmári	<i>Sibbaldia procumbens</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14
Fjallasveifgras	<i>Poa alpina</i>	x	x		x	x		x	x	x	x			x	x	10
Fjalldalafífill	<i>Geum rivale</i>										x	x	x			3
Fjallhæra	<i>Luzula arcuata</i>									x						1
Flagahnoðri	<i>Sedum villosum</i>					x				x	x	x				4
Flagasef	<i>Juncus biglumis</i>				x											1
Flagasóley	<i>Ranunculus reptans</i>									x		x				2
Flóastör	<i>Carex limosa</i>							x			x	x				3
Geldingahnappur	<i>Armeria maritima</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x	x	x	12
Grasvíðir	<i>Salix herbacea</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
Grámulla	<i>Omalotheca supina</i>	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	12
Grámygla	<i>Filaginella uliginosa</i>											x			x	2
Grávíðir	<i>Salix callicarpaea</i>	x		x		x		x	x	x	x	x		x	x	10
Græðis úra	<i>Plantago major</i>														x	1
Gullbrá	<i>Saxifraga hirculus</i>					x										1
Gullmura	<i>Potentilla cranzii</i>	x	x	x	x							x	x		x	7
Gulmaðra	<i>Galium verum</i>	x						x								2
Gulvíðir	<i>Salix phylicifolia</i>				x	x				x	x	x	x			6
Grávorbólóm	<i>Draba norvegica</i>				x											1
Haugarfi	<i>Stellaria media</i>											x				1
Hálíngresi	<i>Agrostis capillaris</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		13
Hálmgresi	<i>Calamagrostis stricta</i>							x		x		x	x			4



1. viðauki. Samantekt á flóru á völdum stöðum á Helliheiði og Hengilssvæði.

Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundheiti	Hellisgarð													fjöldi fundarstaða tegunda		
		Sleggjubeinsdalur	Borh. HE-4 við Stóra-Reykjafell	Borh. HE-3 við Skarðsmýrarfj.	Ölkelduháls-austur	Húsmúli	Engjadalur	Skeggjadalur	Kýrdalur	Skarðsmýri	Lítill mýr við Fremstadal	Fremstidalur	Miðdalur	Innstidalur		Ölkelduháls-vestur	
Hárdepla	<i>Veronica officinalis</i>																2
Hásveifgras	<i>Poa trivialis</i>					x			x								2
Heiðadúnurt	<i>Epilopium hornemanni</i>	x											x		x		4
Hengistör	<i>Carex rariflora</i>				x	x	x			x	x	x					6
Hjartatvíblaðka	<i>Listera cordata</i>	x															1
Hnúskakrækill	<i>Sagina nodosa</i>												x				2
Holtasóley	<i>Dryas octopetala</i>	x			x	x		x		x							5
Holurt	<i>Silene uniflora</i>						x										1
Horblaðka	<i>Menyanthes trifoliata</i>									x		x					2
Hófsóley	<i>Caltha palustris</i>									x		x					2
Hrafnafífa	<i>Eriophorum scheuchzeri</i>					x				x				x			3
Hrafnaklukka	<i>Cardamine nymanii</i>	x			x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		10
Hrafnatör	<i>Carex saxatilis</i>				x					x							2
Hrossanál	<i>Juncus articus</i>							x									1
Hvítmaðra	<i>Galium normanii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
Ilmreyr	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			14
Kattarjurt	<i>Rorippa islandica</i>							x									1
Klóelfting	<i>Equisetum arvense</i>	x	x		x	x	x	x	x		x	x		x	x		12
Klófífa	<i>Eriophorum angustifolium</i>					x	x	x			x	x	x	x	x		9
Klukkublóm	<i>Pyrola minor</i>		x	x						x	x	x		x	x		9
Kornsúra	<i>Bistorta vivipara</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
Krossmaðra	<i>Galium boreale</i>	x				x	x	x	x			x					7
Krækilyng	<i>Empetrum nigrum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15

1. viðauki. Samantekt á flóru á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæði.

Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundheiti	Helliskarð	Sleggjubeinsdalur	Borh. HE-4 við Stóra-Reykjafell		Ölkelduháls-austur	Húsmúli	Engjadalur	Skeggjadalur	Kýrdalur	Skarðsmýri	Lítill mýr við Fremstadal	Fremstidalur	Miðdalur	Innstidalur	Ölkelduháls-vestur	fjöldi fundarstaða tegunda
				Borh. HE-4 við Stóra-Reykjafell	Borh. HE-3 við Skarðsmýrarfj.												
Lambgras	<i>Silene acaulis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
Langkrækill	<i>Sagina saginoides</i>		(x)										x				2
Laugabrúða	<i>Callitrichum stagnalis</i>												x	x			2
Laugadepla	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>												x	x			2
Laugasef	<i>Juncus articulatus</i>													x			1
Lindadúnurt	<i>Epilopium alsinifolium</i>						x	x						x			3
Litunarjafni	<i>Diaphazium alpinum</i>				x		x										2
Ljónslappi	<i>Alchemilla alpina</i>	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	14
Loðvíðir	<i>Salix lanata</i>	x						x			x		x				4
Lónasóley	<i>Ranunculus trichophyllus</i>		x										x				2
Lokasjóður	<i>Rhinanthus minor</i>						x										1
Lógresi	<i>Trisetum spicatum</i>													x			1
Lyfjagras	<i>Pinguicula vulgaris</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	12
Lækjadepla	<i>Veronica serpyllifolia</i>					x	x				x	x	x	x	x		7
Lækjafraehyrna	<i>Cerastium cerastoides</i>		x					x			x	x		x			5
Lækjagrýta	<i>Montia fontana</i>		x				x	x			x	x		x			6
Lækjasef	<i>Juncus bufonius</i>												x	x			2
Lækjasteinbrjótur	<i>Saxifraga rivularis</i>		x					x	x						x		4
Mariustakkur	<i>Alchemilla vulgaris</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		14
Melablóm	<i>Cardaminopsis petraea</i>	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	12
Mosajafni	<i>Selaginella selaginoides</i>		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	13
Mosalyng	<i>Cassiope hypnoides</i>		x		x			x	x							x	5
Mosasteinbrjótur	<i>Saxifraga hypnoides</i>	x	x			x	x	x				x		x	x		8

1. viðauki. Samantekt á flóru á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæði.

Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundheiti	Helliskarð														fjöldi fundarstaða tegunda
		Sleggjubeinsdalur	Borh. HE-4 við Stóra-Reykjafell	Borh. HE-3 við Skarðsmýrarfj.	Ölkelduháls-austur	Húsmúli	Engjadalur	Skeggjadalur	Kýrdalur	Skarðsmýri	Lítill mýr við Fremstadal	Fremstidalur	Miðdalur	Innstidalur	Ölkelduháls-vestur	
Móasef	<i>Juncus trifidus</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14
Músareyra	<i>Cerastium alpinum</i>	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	13
Mýradúnurt	<i>Epilopium palustre</i>					x	x				x	x	x	x		7
Mýrasef	<i>Juncus alpinus</i>					x					x		x			3
Mýrastör	<i>Carex nigra</i>					x	x	x			x	x	x	x		7
Mýrelfting	<i>Equisetum palustre</i>		x			x	x	x			x	x				6
Mýrfjóla	<i>Viola palustris</i>	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	14
Naðurtunga	<i>Ophioglossum azoricum</i>												x		x	2
Naflagras	<i>Koenegia islandica</i>						x	x	x	x	x	x	x	x		9
Ólafssúra	<i>Oxyria digyna</i>		x				x		x			x		x		6
Sauðamergur	<i>Loiseleuria procumbens</i>		x		x	x		x	x	x	x				x	9
Síkjabrúða	<i>Callitrichum hamulata</i>											x				1
Síkjamari	<i>Myriophyllum alterniflorum</i>						x									1
Skammkrækil	<i>Sagina procumbens</i>					x							x		x	3
Skariffill	<i>Leontodon autumnalis</i>		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	12
Skeggsandi	<i>Arenaria norvegica</i>					x										1
Skollafingur	<i>Huperzia selago</i>			x												1
Skriðdepla	<i>Veronica scutellata</i>						x									1
Skriðlíngresi	<i>Agrostis stolonifera</i>		x			x	x	x		x	x	x	x	x	x	11
Skriðnablóm	<i>Arabis alpina</i>		x					x	x			x		x		5
Skriðsóley	<i>Ranunculus repens</i>						x									1
Skriðuhnóðri	<i>Sedum annuum</i>		x													1
Smjörgras	<i>Bartsia alpina</i>			x		x										2

1. viðauki. Samantekt á flóru á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæði.

Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundheiti	Helliskarð													fjöldi fundarstaða tegunda	
		Sleggjubeinsdalur	Borh. HE-4 við Stóra-Reykjafell	Borh. HE-3 við Skarðsmýrarfj.	Ölkelduháls-austur	Húsmúli	Engjadalur	Skeggjadalur	Kýrdalur	Skarðsmýri	Lítill mýr við Fremstadal	Fremstidalur	Miðdalur	Innstidalur		Ölkelduháls-vestur
Snarrótarpuntur	<i>Deschampsia caespitosa</i>					x		x	x	x	x	x		x	x	8
Snæsteinbrjótur	<i>Saxifraga nivalis</i>	x														1
Stinnastör	<i>Carex bigelowii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
Stjörnusteinnbrjótur	<i>Saxifraga stellaris</i>	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x			11
Sýkigras	<i>Tofeldia pusilla</i>					x										1
Tágamura	<i>Potentilla repens</i>				x											1
Tjarnastör	<i>Carex rostrata</i>				x		x			x	x	x				6
Tófugras	<i>Cystopteris fragilis</i>			x			x	x	x	x				x		6
Trefjasóley	<i>Ranunculus hyperboreus</i>	x				x				x		x	x			5
Tungljurt	<i>Botrychium lunaria</i>	x														1
Túnfífill	<i>Taraxacum spp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14
Túnsúra	<i>Rumex acetosa</i>	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14
Túnvingull	<i>Festuca richardsonii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	15
Týtulíngresi	<i>Agrostis vinealis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	13
Undafífill	<i>Hieracium spp.</i>				x	x			x	x						4
Vallarsveifgras	<i>Poa pratensis</i>		x	x		x	x	x		x			x	x	x	10
Vallefthing	<i>Equisetum pratense</i>	x	x			x			x							4
Vallhæra	<i>Luzula multiflora</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	14
Varpasveifgras	<i>Poa annua</i>					x				x		x		x		4
Vatnsnarfagras	<i>Catabrosa aquatica</i>									x						1
Vegarfi	<i>Cerastium fontanum</i>	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	12
Vetrarblóm	<i>Saxifraga oppositifolia</i>				x											1
Vetrarkvíðastör	<i>Carex chordorrhiza</i>				x						x					2



1. viðauki. Samantekt á flóru á völdum stöðum á Hellisheiði og Hengilssvæði.

Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundheiti	Helliskarð														fjöldi fundarstaða tegunda
		Sleggjubeinsdalur	Borh. HE-4 við Stóra-Reykjafell	Borh. HE-3 við Skarðsmýrarfj.	Ölkelduháls-austur	Húsmúli	Engjadalur	Skeggjadalur	Kýrdalur	Skarðsmýri	Lítill mýr við Fremstadal	Fremstidalur	Miðdalur	Innstidalur	Ölkelduháls-vestur	
Vorbrúða	<i>Callitrichum palustris</i>	x														1
Þúfusteinbrjótur	<i>Saxifraga caespitosa</i>	x	x	x		x			x	x		x	x	x		9
Ætíhvönn	<i>Angelica archangelica</i>							x								1
Alls 142 tegundir	Fjöldi tegunda á hverjum stað	35	71	35	47	72	84	60	60	59	76	65	87	61	56	51

Tegundum er raðað upp í stafrófsröð íslenskra heita. Með íslenskar og latneskar nafngiftir er farið eftir Plöntuhandbókinni (Hörður Kristinsson 1986)



2. viðauki. Flóra í einstökum gróðursamfélögum þar sem skordýr agildrur voru settar niðurog í öðrum gróðursamfélögum í næsta nágrenni.

Hellisskarð

Staðsetning: N64°05'150 og V21°11'981

		me	A8x/H3x	HI
		me	A8x/H3x	HI
		me	A8x/H3x	HI
Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundaheiti	me	A8x/H3x	HI
Aðalbláberjalýng	<i>Vaccinium myrtillus</i>			x
Axhæra	<i>Luzula spicata</i>	x	x	x
Blásveifgras	<i>Poa glauca</i>	x	x	
Blávingull	<i>Festuca vivipara</i>	x	x	
Blóðberg	<i>Thymus praecox ssp. arcticus</i>	x	x	x
Brjóstagras	<i>Thalictrum alpinum</i>	x	x	
Bugðupuntur	<i>Deschampsia flexuosa</i>			x
Fjalladepla	<i>Veronica alpina</i>	x		x
Fjallasveifgras	<i>Poa alpina</i>	x		
Grasvíðir	<i>Salix herbacea</i>	x	x	x
Hálíngresi	<i>Agrostis capillaris</i>			x
Holtasóley	<i>Dryas octopetala</i>	x	x	x
Hvítmaðra	<i>Galium normanii</i>	x	x	x
Ilmreyr	<i>Anthoxanthum odoratum</i>			x
Klóelfting	<i>Equisetum arvense</i>			x
Kornsúra	<i>Bistorta vivipara</i>	x	x	x
Krossmaðra	<i>Galium boreale</i>			x
Krækilyng	<i>Empetrum nigrum</i>		x	x
Lambagras	<i>Silene acaulis</i>	x	x	x
Ljóslappi	<i>Alchemilla alpina</i>	x	x	x
Loðvíðir	<i>Salix lanata</i>	x		
Lyfjagras	<i>Pinguicula vulgaris</i>		x	x
Maríustakkur	<i>Alchemilla vulgaris</i>			x
Melablóm	<i>Cardaminopsis petraea</i>	x		
Mosasteinbrjótur	<i>Saxifraga hypnoides</i>	x		
Móasef	<i>Juncus trifidus</i>	x	x	
Músareyra	<i>Cerastium alpinum</i>	x	x	x
Mýrfjóra	<i>Viola palustris</i>			x
Stinnastör	<i>Carex bigelowii</i>			x
Túnsúra	<i>Rumex acetosa</i>	x		
Túnvingull	<i>Festuca richardsonii</i>	x	x	x
Týtulíngresi	<i>Agrostis vinealis</i>			x
Vallefting	<i>Equisetum pratense</i>		x	x
Vallhæra	<i>Luzula multiflora</i>		x	x
Þúfusteinbrjótur	<i>Saxifraga caespitosa</i>	x		
Alls 35 tegundir		21	18	26

Tegundum er raðað upp í stafrófsröð íslenskra heita. Með íslenskar og latneskar nafngiftir er farið eftir Plöntuhandbókinni (Hörður Kristinsson 1986)

2. viðauki. Flóra í einstökum gróðursamfélögum þar sem skordýr agildrur voru settar niðurog í öðrum gróðursamfélögum í næsta nágrenni.

Sleggjubeinsdalur

Staðsetning: N64°03'120 og V21°21'947

		Leir/melur	leir	leir/melur	mosi	mosi og lynggróður	gras/lágvaxnar jurtir	önnur gróðursamfél
Gróðursamfélag								
Gróðurkortalykill			leir	leir/me	A1	A8	H1/L2	
Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundaheiti							
Aðalbláberjalýng	<i>Vaccinium myrtillus</i>					x	x	x
Augnfró	<i>Euphrasia frigida</i>							x
Axhæra	<i>Luzula spicata</i>	x	x	x			x	x
Beitieski	<i>Equisetum variegatum</i>							x
Bláberjalýng	<i>Vaccinium uliginosum</i>					x		x
Blágresi	<i>Geranium sylvaticum</i>							x
Blávingull	<i>Festuca vivipara</i>	x	x	x	x			x
Blóðberg	<i>Thymus praecox ssp. arcticum</i>						x	x
Brennisóley	<i>Ranunculus acris</i>					x	x	
Brjóstagras	<i>Thalictrum alpinum</i>				x	x	x	x
Bugðupuntur	<i>Deschampsia flexuosa</i>						x	x
Finnungur	<i>Nardus stricta</i>							x
Fjalladepla	<i>Veronica alpina</i>							x
Fjallafoxgras	<i>Phleum alpinum</i>							x
Fjallapuntur	<i>Deschampsia alpina</i>							x
Fjallasmári	<i>Sibbaldia procumbens</i>					x		x
Fjallasveifgras	<i>Poa alpina</i>							x
Geldingahnappur	<i>Armeria maritima</i>							x
Grasvíðir	<i>Salix herbacea</i>				x	x	x	x
Grámulla	<i>Omalotheca supina</i>							x
Grávíðir	<i>Salix callicarpaea</i>							x
Gullmura	<i>Potentilla crantzii</i>							x
Gulmaðra	<i>Galium verum</i>						x	x
Hálíngresi	<i>Agrostis capillaris</i>							x
Heiðardúnurt	<i>Epilobium hornemanni</i>							x
Hjartatvíblaðka	<i>Listera cordata</i>						x	
Hrafnaklukka	<i>Cardamine nymani</i>						x	x
Hvítmaðra	<i>Galium normanii</i>				x			x
Ilmreyr	<i>Antoxanthum odoratum</i>					x	x	x
Klóelfting	<i>Equisetum arvense</i>						x	x
Klófífa	<i>Eriophorum angustifolium</i>						x	x
Klukkublóm	<i>Pyrola minor</i>							x
Kornsúra	<i>Bistorta vivipara</i>				x	x	x	x
Krækill	<i>Sagina spp.</i>							x
Krækilyng	<i>Empetrum nigrum</i>			x		x	x	x
Lambgras	<i>Silene acaulis</i>							x
Ljónslappi	<i>Alchemilla alpina</i>					x	x	x
Lónasóley	<i>Ranunculus trichophyllus</i>							x



2. viðauki. Flóra í einstökum gróðursamfélögum þar sem skordýr agildrur voru settar niðurog í öðrum gróðursamfélögum í næsta nágrenni.

Sleggjubeinsdalur, frh.

Staðsetning: N64°03'120 og V21°21'947

	Gróðursamfélag	Leir/melur	leir	leir/melur	mosi	mosi og lynggróður	gras/lágvaxnar jurtir	önnur gróðursamfél
	Gróðurkortalykill		leir	leir/me	A1	A8	H1/L2	
<u>Íslensk tegundaheiti</u>	<u>Latnesk tegundaheiti</u>							
Lyfjagras	<i>Pinguicula vulgaris</i>							X
Lækjafraehyrna	<i>Cerastium cerastoides</i>							X
Lækjagrýta	<i>Montia fontana</i>							X
Lækjasteinbrjótur	<i>Saxifraga rivularis</i>							X
Maríustakkur	<i>Alchemilla vulgaris</i>					X	X	X
Melablóm	<i>Cardaminopsis petraea</i>				X			X
Mosajafni	<i>Selaginella selaginoides</i>							X
Mosalyng	<i>Cassiope hypnoides</i>					X		X
Mosasteinbrjótur	<i>Saxifraga hypnoides</i>						X	X
Móasef	<i>Juncus trifidus</i>							X
Músareyra	<i>Cerastium alpinum</i>				X		X	X
Mýrelfting	<i>Equisetum palustre</i>							X
Mýrfjóla	<i>Viola palustris</i>						X	X
Ólafssúra	<i>Oxyria digyna</i>							X
Sauðamergur	<i>Loiseleuria procumbens</i>							X
Skariffill	<i>Leontodon autumnalis</i>					X		X
Skriðlíngrasi	<i>Agrostis stolonifera</i>							X
Skriðnablóm	<i>Arabis alpina</i>							X
Skriðhnoðri	<i>Sedum annuum</i>							X
Snæsteinbrjótur	<i>Saxifraga nivalis</i>							X
Stinnastör	<i>Carex bigelowii</i>	X		X	X	X	X	X
Stjörnusteinnbrjótur	<i>Saxifraga stellaris</i>			X				X
Trefjasóley	<i>Ranunculus hyperboreus</i>							X
Tungljurt	<i>Botrychium lunaria</i>							X
Túnfífill	<i>Taraxacum spp.</i>					X	X	X
Túnsúra	<i>Rumex acetosa</i>							X
Túnvingull	<i>Festuca richardsonii</i>				X		X	X
Týtulíngrasi	<i>Agrostis vinealis</i>							X
Vallasveifgras	<i>Poa pratensis</i>							X
Vallefting	<i>Equisetum pratense</i>						X	
Vallhæra	<i>Luzula multiflora</i>						X	X
Vegarfi	<i>Cerastium fontanum</i>							X
Þúfusteinnbrjótur	<i>Saxifraga caespitosa</i>							X
Alls 71 tegundir		3	0	3	11	16	26	68

Tegundum er raðað upp í stafrófsröð íslenskra heita. Með íslenskar og latneskar nafngiftir er farið eftir Plöntuhandbókinni (Hörður Kristinsson 1986)

2. viðauki. Flóra í einstökum gróðursamfélögum þar sem skordýr agildrur voru settar niðurog í öðrum gróðursamfélögum í næsta nágrenni.

Borhola HE-4 við Stóra-Reykjafell

Staðsetning: N 64°01'625 og V 21°22'986

		mosi	mosi og lynggróður	grasbali	önnur gróðurfélög
Gróðursamfélag					
Gróðurkortalykill		A1	A8	H3	
Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundaheiti				
Aðalbláberjalyng	<i>Vaccinium myrtillus</i>				x
Axhæra	<i>Luzula spicata</i>		x		x
Bláberjalyng	<i>Vaccinium uliginosum</i>		x		
Blágresi	<i>Geranium sylvaticum</i>				x
Blávingull	<i>Festuca vivipara</i>		x	x	x
Blóðberg	<i>Thymus praecox ssp. arcticus</i>				x
Brennisóley	<i>Ranunculus acris</i>		x		
Brióstgras	<i>Thalictrum alpinum</i>	x	x	x	x
Bugðupuntur	<i>Deschampsia flexuosa</i>			x	x
Fjalladepla	<i>Veronica alpina</i>		x		
Fjallafoxgras	<i>Phleum alpinum</i>				x
Fjallapuntur	<i>Deschampsia alpina</i>				x
Fjallasmári	<i>Sibbaldia procumbens</i>				x
Geldingahnappur	<i>Armeria martima</i>	x			x
Grasvíðir	<i>Salix herbacea</i>	x	x	x	x
Gullmura	<i>Potentilla cranzii</i>				x
Hálíngresi	<i>Agrostis capillaris</i>				x
Hvítmaðra	<i>Galium normanii</i>		x		x
Ilmreyr	<i>Anthoxanthum odoratum</i>			x	
Klukkublóm	<i>Pyrola minor</i>			x	x
Kornsúra	<i>Bistorta vivipara</i>		x	x	x
Krossmaðra	<i>Galium boreale</i>				x
Krækilyng	<i>Empetrum nigrum</i>	x	x		x
Lambgras	<i>Silene acaulis</i>	x	x		x
Ljónslappi	<i>Alchemilla alpina</i>		x	x	x
Maríustakkur	<i>Alchemilla vulgaris</i>			x	x
Móasef	<i>Juncus trifidus</i>				x
Mýrfjóla	<i>Viola palustris</i>		x	x	
Skarífífill	<i>Leontodon autumnalis</i>				x
Stinnastör	<i>Carex bigelowii</i>	x	x	x	x
Túnfífill	<i>Taraxacum spp.</i>		x	x	x
Túnsúra	<i>Rumex acetosa</i>				x
Túnvingull	<i>Festuca richardsonii</i>		x	x	x
Týtulíngresi	<i>Agrostis vinealis</i>			x	
Vallarsveifgras	<i>Poa pratensis</i>				x
Alls 35 tegundir		6	16	14	29

Tegundum er raðað upp í stafrófsröð íslenskra heita. Með íslenskar og latneskar nafngiftir er farið eftir Plöntuhandbókinni (Hörður Kristinsson 1986)

2. viðauki. Flóra í einstökum gróðursamfélögum þar sem skordýr agildrur voru settar niðurog í öðrum gróðursamfélögum í næsta nágrenni.

Borhola HE-3 sunna við Skarðsmýrarfjall

Staðsetning: N62°02'398 og V21°20'075

		leir	mosi og hraun	lyng og grasbali	önnur gróðurfélög
Gróðursamfélag					
Gróðurkortalykill		leir	A1hr	B7/H3	
Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundaheiti				
Aðalbláberjalyng	<i>Vaccinium myrtillus</i>			x	x
Axhæra	<i>Luzula spicata</i>			x	x
Bláberjalyng	<i>Vaccinium uliginosum</i>		x	x	x
Blágresi	<i>Geranium sylvaticum</i>				x
Blávingull	<i>Festuca vivipara</i>	x	x		x
Blóðberg	<i>Thymus praecox ssp. arcticum</i>			x	x
Brjóstgras	<i>Thalictrum alpinum</i>		x		x
Bugðupuntur	<i>Deschampsia flexuosa</i>	x		x	x
Finnungur	<i>Nardus stricta</i>				x
Fjalladepla	<i>Veronica alpina</i>			x	x
Fjallafoxgras	<i>Phleum alpinum</i>				x
Fjallasmári	<i>Sibbaldia procumbens</i>			x	x
Geldingahnappur	<i>Armeria martima</i>				x
Grasvíðir	<i>Salix herbacea</i>		x	x	x
Grámulla	<i>Omalotheca supina</i>			x	x
Grávíðir	<i>Salix callicarpaea</i>				x
Gullmura	<i>Potentilla crantzii</i>				x
Hálíngresi	<i>Agrostis capillaris</i>				x
Hvítmaðra	<i>Galium normanii</i>				x
Ilmreyr	<i>Anthoxanthum odoratum</i>			x	x
Klóelfting	<i>Equisetum arvense</i>	x			
Klukkublóm	<i>Pyrola minor</i>				x
Kornsúra	<i>Bistorta vivipara</i>		x	x	x
Krækilyng	<i>Empetrum nigrum</i>		x	x	x
Lambagras	<i>Silene acaulis</i>				x
Litunarjafni	<i>Diphazium alpinum</i>			x	x
Ljónslappi	<i>Alchemilla alpina</i>	x		x	x
Lyfjagras	<i>Pinguicula vulgaris</i>			x	x
Maríustakkur	<i>Alchemilla vulgaris</i>			x	x
Mosajafni	<i>Selaginella selaginoides</i>			x	x
Mosalyng	<i>Cassiope hypnoides</i>				x
Móasef	<i>Juncus trifidus</i>				x
Mýrfjóla	<i>Viola palustris</i>			x	x
Sauðamergur	<i>Loiseleuria procumbens</i>				x
Skariffill	<i>Leontodon autumnalis</i>			x	x
Skollafingur	<i>Huperzia selago</i>				x
Smjörgras	<i>Bartsia alpina</i>				x
Stinnastör	<i>Carex bigelowii</i>	x			x
Stjörnusteínbrjótur	<i>Saxifraga stellaris</i>				x
Tófugras	<i>Cryptopteris fragilis</i>				x

2. viðauki. Flóra í einstökum gróðursamfélögum þar sem skordýr agildrur voru settar niðurog í öðrum gróðursamfélögum í næsta nágrenni.

Borhola HE-3 sunna við Skarðsmýrarfjall, frh.

Staðsetning: N62°02'398 og V21°20'075

		leir	mosi og hraun	lyng og grasbali	önnur gróðurfélög
		leir	A1hr	B7/H3	
		leir	A1hr	B7/H3	
Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundaheiti				
Túnffill	<i>Taraxacum</i> spp.			x	x
Túnvingull	<i>Festuca richardsonii</i>	x			x
Týtulíngresi	<i>Agrostis vinealis</i>			x	x
Undaffill	<i>Hieracium</i> spp.			x	
Vallarsveifgras	<i>Poa pratensis</i>	x			x
Vallhæra	<i>Luzula multiflora</i>			x	x
Þúfusteinbrjótur	<i>Saxifraga caespitosa</i>				x
Alls 47 tegundir		7	6	23	45

Tegundum er raðað upp í stafrófsröð íslenskra heita. Með íslenskar og latneskar nafngiftir er farið eftir Plöntuhandbókinni (Hörður Kristinsson 1986)



2. viðauki. Flóra í einstökum gróðursamfélögum þar sem skordýr agildrur voru settar niðurog í öðrum gróðursamfélögum í næsta nágrenni.

Ölkelduháls -austur

Staðsetning: N64°03'421 og V21°14'263

		leir	skriða/melur	lyngmói	grasbali	við volgru	tjarnastaraflói
Gróðursamfélag		leir	me	A8	H1	U21/L2	V2
Gróðurkortalykill		leir	me	A8	H1	U21/L2	V2
Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundaheiti						
Aðalbláberjalyng	<i>Vaccinium myrtillus</i>			X			
Axhæra	<i>Luzula spicata</i>	X		X	X		X
Bláberjalyng	<i>Vaccinium uliginosum</i>			X	X		X
Blágresi	<i>Geranium sylvaticum</i>				X		
Blákolla	<i>Prunella vulgaris</i>					X	
Blávingull	<i>Festuca vivipara</i>			X	X	X	X
Blóðberg	<i>Thymus praecox ssp.arcticus</i>	X		X	X	X	
Brennisóley	<i>Ranunculus acris</i>			X	X		X
Brjóstagras	<i>Thalictrum alpinum</i>			X	X		X
Bugðupuntur	<i>Deschampsia flexuosa</i>			X			
Burnirót	<i>Rhodiola rosea</i>	X					
Engjarós	<i>Potentilla palustris</i>					X	X
Fergin	<i>Equisetum fluviatile</i>						X
Finnungur	<i>Nardus stricta</i>			X			
Fjalladepla	<i>Veronica alpina</i>			X			
Fjallafoxgras	<i>Phleum alpinum</i>					X	
Fjallapuntur	<i>Deschampsia alpina</i>	X		X		X	
Fjallasmári	<i>Sibbaldia procumbens</i>						X
Fjallasveifgras	<i>Poa alpina</i>	X					
Flagasef	<i>Juncus biglumis</i>						X
Geldingahnappur	<i>Armeria maritima</i>	X					
Grasvíðir	<i>Salix herbacea</i>	X		X	X	X	X
Grámulla	<i>Omalotheca supina</i>			X			X
Gullmura	<i>Potentilla crantzii</i>			X			
Gulvíðir	<i>Salix phylicifolia</i>						X
Hagavorblóm	<i>Draba norvegica</i>	X					
Hálíngresi	<i>Agrostis capillaris</i>			X	X		
Hengistör	<i>Carex rariflora</i>						X
Holtasóley	<i>Dryas octopetala</i>	X		X			
Hrafnafffa	<i>Eriophorum scheuchzeri</i>					X	X
Hrafnaklukka	<i>Cardamine nymani</i>			X	X	X	X
Hrafnastör	<i>Carex saxatilis</i>						X
Hvítmaðra	<i>Galium normanii</i>	X		X	X	X	
Ilmreyr	<i>Anthoxanthum odoratum</i>			X	X		
Klóelfting	<i>Equisetum arvense</i>	X		X		X	
Klófffa	<i>Eriophorum angustifolium</i>					X	X
Kornsúra	<i>Bistorta vivipara</i>	X		X	X		X
Krækilyng	<i>Empetrum nigrum</i>			X	X		X
Lambagras	<i>Silene acaulis</i>	X		X	X		X
Ljónslappi	<i>Alchemilla alpina</i>	X		X	X	X	X
Lyfjagras	<i>Pinguicula vulgaris</i>			X	X		

2. viðauki. Flóra í einstökum gróðursamfélögum þar sem skordýr agildrur voru settar niðurog í öðrum gróðursamfélögum í næsta nágrenni.

Ölkelduháls -austur, frh.

Staðsetning: N64°03'421 og V21°14'263

		leir	leir	me	A8	HI	U21/L2	V2
		Gróðursamfélag						
		Gróðurkortalykill						
Íslensk tegundaheiti	Latnesk tegundaheiti							
Lækjardepla	<i>Veronica serpyllifolia</i>						x	
Maríustakkur	<i>Alchemilla vulgaris</i>				x	x		x
Melablóm	<i>Cardaminopsis petraea</i>		x	x	x			
Mosajafni	<i>Selaginella selaginoides</i>				x	x		
Mosasteinbrjótur	<i>Saxifraga hypnoides</i>		x	x	x			
Móasef	<i>Juncus trifidus</i>				x			
Músareyra	<i>Cerastium alpinum</i>		x	x				
Mýrardúnurt	<i>Epilobium palustre</i>						x	
Mýrarsef	<i>Juncus alpinus</i>						x	
Mýrarstör	<i>Carex nigra</i>							x
Mýrelfting	<i>Equisetum palustre</i>							x
Mýrfjóra	<i>Viola palustris</i>				x	x	x	
Sauðamergur	<i>Loiseleuria procumbens</i>				x			
Skammkrækill	<i>Sagina procumbens</i>						x	
Skariffill	<i>Leontodon autumnalis</i>					x	x	
Skeggsandi	<i>Arenaria norvegica</i>		x					
Skriðlíngresi	<i>Agrostis stolonifera</i>						x	
Stinnastör	<i>Carex bigelowii</i>				x	x	x	
Stjörnusteinnbrjótur	<i>Saxifraga stellaris</i>						x	x
Tágarmura	<i>Potentilla anserina</i>						x	
Tjarnarstör	<i>Carex rostrata</i>							x
Túnffill	<i>Taraxacum spp.</i>				x	x		
Túnsúra	<i>Rumex acetosa</i>				x	x		
Túnvingull	<i>Festuca richardsonii</i>				x	x		
Týtulíngresi	<i>Agrostis vinealis</i>		x	x	x	x		x
Undaffill	<i>Hieracium spp.</i>				x	x		
Vallhæra	<i>Luzula multiflora</i>				x	x		
Vegarfi	<i>Cerastium fontanum</i>		x	x			x	x
Vetrarblóm	<i>Saxifraga oppositifolia</i>		x					
Vetrarkvíðastör	<i>Carex chordorrhiza</i>							x
Þúfusteinnbrjótur	<i>Saxifraga caespitosa</i>		x					
Alls 72 tegundir		0	22	41	28	24	29	

Tegundum er raðað upp í stafrófsröð íslenskra heita. Með íslenskar og latneskar nafngiftir er farið eftir Plöntuhandbókinni (Hörður Kristinsson 1986)

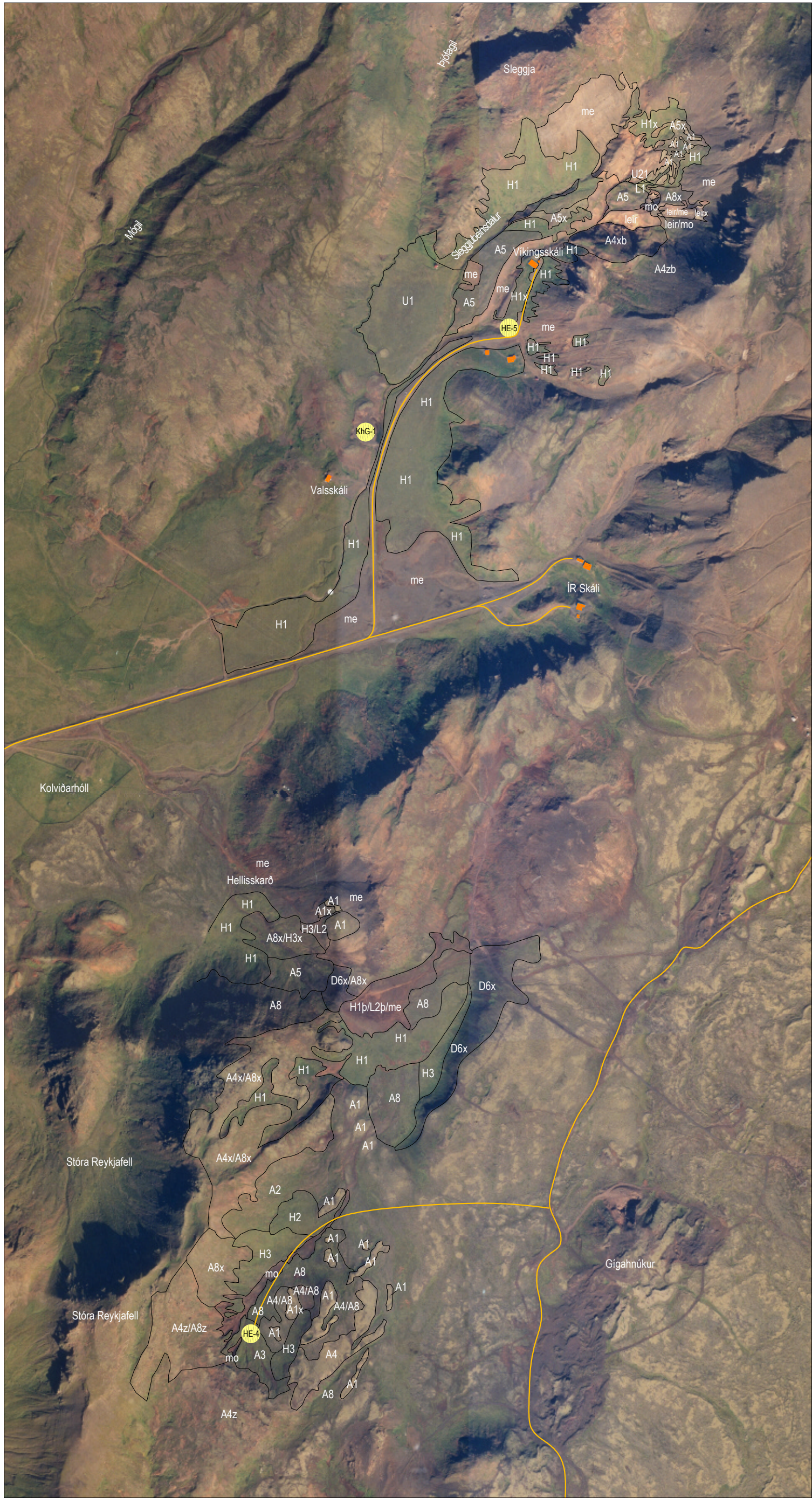
## Fjölrit Líffræðistofnunar

1. Agnar Ingólfsson, Arnþór Garðarsson og Sveinn Ingvarsson. 1972. *Botndýralíf í Akureyrarpólli, könnun í marz 1972.*
2. Arnþór Garðarsson, Jónbjörn Pálsson og Agnar Ingólfsson. 1974. *Könnun og kortlagning lífríkis í suðurhluta Leiruvogs nærri Reykjavík.*
3. Agnar Ingólfsson og Svend-Aage Malmberg. 1974. *Vistfræðilegar rannsóknir í Hvalfirði, Borgarfirði og Hraunfirði. Yfirlitsskýrsla.*
4. Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson. 1975. *Forkönnun á lífríki Laxárvogs, Álftafjarðar og Önundarfjarðar.*
5. Agnar Ingólfsson og Jón G. Ottósson. 1975. *Rannsóknir á umferð fugla við Keflavíkurflugvöll.*
6. Sveinn Ingvarsson. 1976. *Skýrsla um gagnasöfnun vegna hugsanlegrar mengunar af völdum járnblendiverksmiðju.*
7. Arnþór Garðarsson, Agnar Ingólfsson og Jón Eldon. 1976. *Lokaskýrsla um rannsóknir á óshólmasvæði Eyjafjarðarár 1974 og 1975.*
8. Agnar Ingólfsson. 1976. *Forkönnun á lífríki Gilsfjarðar, Þorskafjarðar, Djúpaafjarðar, Gufufjarðar og nærliggjandi fjarða.*
9. Arnþór Garðarsson og Kristín Aðalsteinsdóttir. 1977. *Rannsóknir í Skerjafirði. I. Botndýralíf.*
10. Agnar Ingólfsson. 1977. *Rannsóknir í Skerjafirði. II. Lífríki fjöru.*
11. Agnar Ingólfsson. 1978. *Greiningarlykill yfir stórkrabba (Malacostraca) í fjörum.*
12. Arnþór Garðarsson, Ólafur K. Nielsen og Agnar Ingólfsson. 1980. *Rannsóknir í Önundarfirði og víðar á Vestfjörðum 1979. Fuglar og fjöru.*
13. Agnar Ingólfsson, Anna Kjartansdóttir og Arnþór Garðarsson. 1980. *Athuganir á fuglum og smádýralífi í Skarðsfirði.*
14. Kristín Aðalsteinsdóttir og Arnþór Garðarsson. 1980. *Botndýralíf í Hvalfirði.*
15. Agnar Ingólfsson og Árni Einarsson. 1980. *Forkönnun á lífríki Nýpslóns og Skógalóns við Vopnafjörð.*
16. Agnar Ingólfsson og Guðmundur Víðir Helgason. 1982. *Athuganir á lífríki Skógalóns við Vopnafjörð.*
17. Hörður Kristinsson, Bergþór Jóhannsson og Eypór Einarsson. 1983. *Grasafræðirannsóknir við Hvalfjörð.*
18. Gísli Már Gíslason. 1983. *Könnun á dýralífi í Eiðisvatni, Borgarfjarðarsýslu.*
19. Jón Eldon. 1983. *Þungmálmar í mosa, jarðvegi og regnvatni í nágrenni Grundartanga 1978 og 1979.*
20. Guðni Á. Alfredsson, Jakob K. Kristjánsson og Guðmundur Eggertsson. 1984. *Líftækni á Íslandi, kynning á líftæknilegri örverufræði og erfðatækni.*
21. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1984. *Þjórásarver. Gróður og jarðvegur og áhrif Kvíslaveitu.*
22. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1985. *Þjórásarver. Vistfræðirannsóknir 1984.*
23. Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson. 1986. *Fuglaathuganir í Dýrafirði 1985.*
24. Agnar Ingólfsson. 1986. *Fjörulíf í innanverðum Dýrafirði.*
25. Jörundur Svavarsson og Arnþór Garðarsson. 1986. *Botndýralíf í Dýrafirði.*
26. Agnar Ingólfsson og Jörundur Svavarsson. 1989. *Forkönnun á lífríki Gilsfjarðar.*
27. Agnar Ingólfsson. 1990. *Rannsóknir á lífríki fjöru umhverfis kerbrotagryfjur í Straumsvík.*
- 27b. Agnar Ingólfsson. 1990. *A survey of intertidal organisms around dumping pits for pot linings at Straumsvík, southwestern Iceland.*
28. Jörundur Svavarsson. 1990. *Studies on the rocky subtidal communities in vicinity of a dumping pit for pot linings at Straumsvík, southwestern Iceland.*
29. Agnar Ingólfsson. 1990. *Athuganir á rauðbrustingum í Gilsfirði í maí 1990.*
30. Guðmundur Víðir Helgason og Jörundur Svavarsson. 1991. *Botndýralíf í Þerneyjarsundi.*
31. Agnar Ingólfsson. 1991. *Athuganir á lífríki fjöru við Álfsnes.*

32. Einar Árnason. 1991. *Rýnt í skýrslur Hafrannsóknarstofnunar.*
33. Einar Árnason, Snæbjörn Pálsson, Aðalgeir Arason og Vilhjálmur Þorsteinsson. 1992. *Stofngerð Þorsks (Gadus morhua) við Ísland og víðar metin með breytileika í DNA orkukorna (mtDNA).*
34. Jörundur Svavarsson, Guðmundur V. Helgason og Stefán Á. Ragnarsson. 1991. *Rannsóknir á lífríki klettbotns neðansjávar í Hraunsvík við Hafnarfjörð.*
35. Einar Árnason og Snæbjörn Pálsson. 1992. *Skerðibútagreining á mtDNA bleikju, lax og urriða.*
36. Jörundur Svavarsson og Halldóra Skarphéðinsdóttir. 1993. *Vansköpun af völdum tríbútýltinmengunar hjá íslenskum nákuðungum.*
37. Jörundur Svavarsson. 1995. *Tributyltin in the marine environment, with special reference to Nordic waters. - A literature survey.*
38. Gísli Már Gíslason, Guðrún Lárusdóttir, Hákon Aðalsteinsson, Ólöf Ýrr Atladóttir og Þóra Hrafnadóttir. 1996. *Dýralíf austan Hágangna og í Vonarskarði. Könnun í ágúst 1996. Skýrsla til Landsvirkjunar.*
39. Anne-Charlotte Fasquel, Hlynur Sigurgíslason, Gunnar Gunnarsson og Einar Árnason. 1997. *Mitochondrial cytochrome b DNA sequence variation of Atlantic cod, Gadus morhua, from Greenland and Ísafjarðardjúp, Iceland.*
40. Arnþór Garðarsson. 1997. *Fjöldi heiðagæsar í Þjórsárverum 1996.*
41. Jón S. Ólafsson, Guðrún Lárusdóttir og Gísli Már Gíslason. 1998. *Botndýralíf í Elliðaánum.*
- 42a. Gísli Már Gíslason. 1998. *Áhrif kerbrotagryfja á lífríki í Straumsvík.*
- 42b. Gísli Már Gíslason. 1998. *The environmental impact of dumping pits for potlinings and filterdust from ISAL aluminium smelter at Straumsvík.*
43. Guðmundur V. Helgason, Jón S. Ólafsson og Arnþór Garðarsson. 1998. *Lífríki við Hvaleyri.*
44. Jörundur Svavarsson. 1999. *Vansköpun af völdum tríbútýltins hjá nákuðungi (Nucella lapillus) við Íslandsstrendur.*
45. Gísli Már Gíslason. 1999. *Áhrif lóns á vatnalíf á áhrifasvæði Norðlingaölduveitu.*
46. Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 1999. *Forkönnun á lífríki fjöru við iðnaðarlóðina Hraun í Reyðarfirði.*
47. Agnar Ingólfsson. 1999. *Rannsóknir á lífríki í Kolgrafafirði. Fuglar, fjörur og sjávarbotn.*
48. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1999. *Kolgrafafjörður. Rannsóknir á flóru og gróðri.*
49. Jörundur Svavarsson. 1999. *Forkönnun á lífríki botns neðan fjöru við iðnaðarlóðina Hraun í Reyðarfirði.*
50. Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 1999. *Lífríki í grýttum fjörum milli Geldinganness og Gunnness. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
51. Agnar Ingólfsson. 1999. *Lífríki í leirum í Leiruvogi og við Blikastaði. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
52. Jörundur Svavarsson. 2000. *Botndýralíf við mynni Leiruvogs. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.*
53. Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson. 2000. *Rannsóknir á lífríki við Borgarnes: leirur, fitjar, gróður á landi og fuglar.*
54. Jón S. Ólafsson, Gísli Már Gíslason, Sesselja G. Sigurðardóttir og Stefán Már Stefánsson. 2001. *Botndýr í Úlfarsá: Könnun í maí 1999. Unnið fyrir Borgarverkfræðinginn í Reykjavík.*
55. Karen Jenný Heiðarsdóttir og Eva Benediksdóttir. 2001. *Culture media for optimal isolation of Moritella viscosa from Atlantic Salmon (Salmo salar) with winter ulcer.*
56. Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson. 2001. *Lífríki Hnífár í Þjórsárverum. Könnun gerð í ágúst 2001.*
57. Arnþór Garðarsson. 2002. *Landnotkun heiðagæsar á grónu landi í sunnanverðum Þjórsárverum.*
58. Arnþór Garðarsson. 2002. *Könnun á fuglalífi á Hengli og Hellisheiði vorið 2001.*
59. Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason. 2002. *Smádýralíf í vötum á Hellisheiði, könnun í júlí 2001.*

60. Iris Hansen og Jón S. Ólafsson 2002. *Smádýralíf á Hellisheiði: við Stóra Reykjafell, Skarðsmýrarfjall, í Hellisskarði og Sleggjubeinsskarði. Könnun sumrið 2001.*
61. Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2002. *Gildi landslags á Hengilssvæðinu: einkum á þeim svæðum sem til greina koma vegna orkuvinnslu.*





# Gróðurlykill

## Purrlandi

### Mosagróður

- A1 Mosapemba
- A3 Mosi með stinnastör og smárunnum
- A4 Mosi með smárunnum
- A5 Mosi með grösom
- A8 Mosi með smárunnum og grösom
- A10 Tildur- og skrautmosar með blóðbergi

### Lyngmói

- B2 Krækilyngsmói ásamt bláberjalyngi og sauðamerg
- B7 Bláberjalýng ásamt krækilyngi og víði
- B9 Aðalbláberjalýng

### Víðigrund og kjarr

- D6 Grasvíðir

### Starmói

- G1 Stinnastör
- G2 Stinnastör með smárunnum

### Graslandi

- H1 Grös/graslandi
- H2 Grös með störum
- H3 Grös með smárunnum
- H6 Finnungur
- H7 Grös með elftingu

### Fléttumói

- J1 Fléttur og smárunnar

### Blómlendi

- L2 Lágvaxnar blómjurtir

### Votlendi

#### Mýri

- U1 Mýrastör og hengistör
- U4 Mýrastör og klóffia
- U5 Mýrastör
- U21 Dýjahnappur og/eða lindarskart

#### Flói

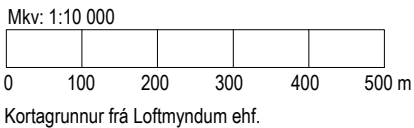
- V2 Tjarnastör
- V3 Klóffia

### Lítt gróið land

- fi Flag
- me Melur
- mo Moldir
- le Leir
- hr Hraun

### Gróðurþekja

- x Gróðurþekja að meðaltali 75 %
- z Gróðurþekja að meðaltali 50 %
- p Gróðurþekja að meðaltali 25 %



Kort 1: Gróðurgreining af völdum svæðum á Hellið







## Gróðurlykill

### Purrlendi

#### Mosagróður

- A1 Mosapemba
- A3 Mosi með stinnastör og smárunnum
- A4 Mosi með smárunnum
- A5 Mosi með grösum
- A8 Mosi með smárunnum og grösum
- A10 Tildur- og skrautmosar með blóðbergi

### Lyngmói

- B2 Krækilyngsmói ásamt bláberjalyngi og sauðamerg
- B7 Bláberjalyng ásamt krækilyngi og viði
- B9 Aðalbláberjalyng

### Víðigrund og kjarr

- D6 Grasvíðir

### Starmói

- G1 Stinnastör
- G2 Stinnastör með smárunnum

### Graslendi

- H1 Grös/graslendi
- H2 Grös með störum
- H3 Grös með smárunnum
- H6 Funningur
- H7 Grös með elftingu

### Fléttumói

- J1 Fléttur og smárunnar

### Blómlendi

- L2 Lágvaxnar blómjurtir

### Votlendi

#### Mýri

- U1 Mýrastör og hengistör
- U4 Mýrastör og klóffia
- U5 Mýrastör
- U21 Dýjahnappur og/eða lindarskart

#### Flói

- V2 Tjarnastör
- V3 Klóffia

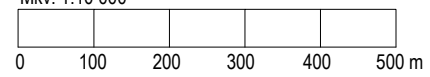
### Lítt gróið land

- fl Flag
- me Melur
- mo Moldir
- le Leir
- hr Hraun

### Gróðurþekja

- x Gróðurþekja að meðaltali 75 %
- z Gróðurþekja að meðaltali 50 %
- þ Gróðurþekja að meðaltali 25 %

Mkv: 1:10 000



Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.

Kort 2: Gróðurgreining af völdum svæðum á Hellisheiði





# Jarðvarmavirkjun á Hellisheiði

## áhrif á útivist og ferðapjónustu



*Í Sleggjubeinsskarði*



# Jarðvarmavirkjun á Hellisheiði

*áhrif á útivist og ferðapjónustu*



*Borhola norðan Stóra-Reykjafells*

*Ljósmynd: RG (einnig á forsíðu)*

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur  
Höfundur: Rögnvaldur Guðmundsson

Rannsóknir og ráðgjöf ferðapjónustunnar ehf  
Tæknigarði, Dunhaga 5  
107 Reykjavík  
rrf@rrf.is





## Samantekt

Greinargerðinni sem hér fer á eftir er ætlað að nýtast við að leggja mat umfang útivista og afþreyingar fólks á Hengilssvæðinu og nágrenni til þess að nýta við umhverfismat á fyrirhugaðri 120 MW jarðvarmavirkjun Orkuveitu Reykjavíkur á Hellisheiði. Í samantektinni er svæðið þrískipt: virkjunarsvæðið á Hellisheiði, Hengilssvæðið og síðan jaðarsvæði þess, að Þingvallavatni og Úlfjótsvatni. Greinargerðin styðst einkum við fjórar kannanir RRF, bæði í síma og á vettvangi, sem framkvæmdar voru til að afla sem fjölþættastra upplýsinga og gesti svæðisins.

Niðurstöður benda til þess að 120 MW jarðvarmavirkjun á Hellisheiði muni ekki hafa verulega neikvæð áhrif á útivist og ferðaþjónustu á Hellisheiði og Hengilssvæðinu. Þvert á móti benda rannsóknirnar til þess að virkjunin muni fjölga útivistarfólki á svæðinu. Afstaða aðspurðra til nýtingar jarðvarma á Hengilssvæðinu til raforkuframleiðslu var einnig fremur jákvæð.

## Útivist og afþreying á svæðinu 2001

Samkvæmt símakönnun stunduðu um 18% Íslendinga, 18 til 75 ára, einhverja útivist eða afþreyingu á Hellisheiði og Hengilssvæðinu árið 2001, 24% íbúa í Reykjavík og á Reykjanesi og 7% íbúa á landsbyggðinni, að jafnaði í fjögur skipti hver. Í þessum tölum er meðtalin útivist og afþreying þátttakenda við sunnanvert Þingvallavatn og við Úlfjótsvatn. Ef reiknað er með helmingi minni virkni annarra aldurshópa má lauslega áætla að 44 þúsund Íslendingar hafi stundað útivist á svæðinu árið 2001 í 180 þúsund skipti, 115 þúsund skipti í júní til september en 65 þúsund á öðrum árstímum.<sup>1</sup> Karlar stóðu fyrir um 57% af útivistarferðum á svæðinu en konur 43%. Þeir sem eru 36 til 55 ára stunda fremur útivist á svæðinu en aðrir aldurshópar.

16% íbúa á suðvesturhorninu, Reykjavík og Reykjanesi, fóru í stuttar gönguferðir á Hellisheiði og Hengilssvæðinu árið 2001, 5% í lengri gönguferðir, 4,2% í berjamó eða tíndu grös og jurtir, um 4% fóru á skíði, 3,7% í jeppaferð eða tóku myndir og 3,3% skoðuðu menningarminjar.

## Fjöldi gesta eftir stöðum 2001

4,4% þátttakenda í símakönnun komu annað hvort á skíðasvæði íþróttafélaganna og/eða að skátaskálunum undir Skarðsmýrarfjalli. Þannig má áætla að 10-11 þúsund Íslendingar hafi farið um fyrirhugað framkvæmdasvæði jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði árið 2001, í alls 30-40 þúsund skipti; 20-30 þúsund skipti utan sumartíma en nálægt 10 þúsund skipti að sumarlagi (júní-september). Stærstan hluta

---

<sup>1</sup>. Ath: skekkjumörk í þessum fjöldaáætlunum eru minnst +/- 10%.

heimsóknanna má þannig rekja til skíðaiðkunar og annarrar vetrarafþreyingar á skíðasvæðum íþróttafélaganna og í nágrenni þeirra.

11% þátttakenda í könnuninni höfðu komið á einhvern af þeim stöðum innan hins eiginlega Hengilssvæðis sem innt var eftir (virkjunarsvæðið meðtalið) og 45% höfðu komið á einhvern af stöðunum í jaðri svæðisins, mest að Nesjavöllum en síðan Úlfjótsvatni.

Um 40% höfðu farið um Nesjavelli árið 2001 að jafnaði tvisvar sinnum árið 2001, þ.e. á að giska 90 þúsund Íslendingar í alls um 180 þúsund skipti. Þá bendir nýleg könnun til að 40-45 þúsund erlendir gestir hafi farið um Nesjavelli árið 2001.

Jafnframt má ætla að nálægt 200 þúsund núlifandi Íslendinga hafi komið að Nesjavöllum frá því að jarðgufuvirkjunin þar var vígð árið 1990.

## **Viðhorf til virkjunar og áhrif hennar á útivist og ferðaþjónustu**

Yfir 80% Íslendinga í símakönnun, sem afstöðu tóku, töldu rétt að byggja upp þjónustu fyrir útivistarfólk og ferðamenn í tengslum við jarðgufuvirkjun á Hellisheiði. Flestir vildu að þar yrði góð þjónusta fyrir göngfólk en einnig almenn þjónustu- og upplýsingamiðstöð. Þá töldu margir æskilegt að bjóða upp á böð og veitingar. Að vetrarlagi var fólk efst í huga aukin þjónusta við skíðafólk.

Í öðrum könnunum sem gerðar voru var m.a. spurt um álit á mikilvægi ýmiss konar þjónustu sem tengst getur jarðvarmavirkjunum. Þar var mest fylgi við gönguleiðamerkingar, útsýnispall, fræðslumiðstöð, baðlón og ferðir með leiðsögn. Þá álitu 70-80% þátttakenda að veitingar væru æskilegar í nágrenni jarðvarmavirkjana, 60% vildu hafa þar gistingu og þriðjungur golfvöll.

68-74% þátttakenda í þessum könnunum töldu að þeir kæmu jafn mikið á svæðið þó Hellisheiðarvirkjun yrði að veruleika, 17-27% oftár en 5-13% að þeir kæmu sjaldnar. Samkvæmt því mun Hellisheiðarvirkjun fremur laða fólk á svæðið en fæla það frá.

Nær allir, jafnt Íslendingar sem erlendir ferðamenn, voru fylgjandi því að jarðvarmavirkjanir framleiði rafmagn til almenningsnota og jafnframt var mikill stuðningur við nýtingu raforku til vetnisframleiðslu og til smáiðnaðar en minna fylgi við útflutning á raforku um sæstreng. Íslendingar voru klofnir í afstöðu sinni til raforkuframleiðslu fyrir stóriðju en erlendir ferðamenn voru heldur hlynntari slíku.

Meirihluti fólks tók jákvæða afstöðu til gufustróka, borhola og stöðvarhúsa en nokkru síður til kæliturna og borplana. Flestir töldu gufuleiðslur, en einkum þó hávaða og háþennulínur, neikvæða fylgifiska jarðvarmavirkjana.

Í könnuninum voru settar fram eftirtaldar fullyrðingar sem svarendur áttu að taka afstöðu til eða lýsa yfir hlutleysi:

- „Virkjun á Hellisheiði eykur möguleika á nýsköpun í ferðaþjónustu.“
- „Virkjun á Hellisheiði og uppbygging ferðaþjónustu í nágrenninu fara vel saman.“
- „Jarðvarmavirkjanir eru betri kostur en vatnsaflsvirkjanir.“
- „Það er rétt að nýta gufuafl á Hengilssvæðinu til raforkuframleiðslu.“

72-85% þeirra sem afstöðu tóku voru sammála því að nýta ætti gufuaflíð á Hellisheiði til raforkuframleiðslu en 43-72% voru sammála öðrum fullyrðingum. Um fimmfalt fleiri voru sammála því en ósammála að jarðvarmavirkjanir séu betri kostur en vatnsaflsvirkjanir. 20% fólks í höfuðborgarkönnuninni var ósammála því að virkjunin og uppbygging ferðaþjónustu færu vel saman eða að virkjunin myndi auka nýsköpunarmöguleika í ferðaþjónustu. Karlar voru fremur sammála fullyrðingunum en konur og eldra fólk fremur en það yngra.

Ef fræðslumiðstöð rís við Hellisheiðarvirkjun var fólk á þeirri skoðun að þar ætti að fjalla þverfaglega um svæðið, þ.e. nýtingu jarðhita, jarðfræði, sögu, dýralíf, gróður og fornminjar en með áherslu á tvo fyrstnefndu þættina.

Spurt var: „Hver af eftirfarandi útivistarsvæðum í nágrenni Reykjavíkur telur þú hafa mest gildi fyrir útivist og ferðaþjónustu, annars vegar að sumarlagi og hins vegar að vetri?“

Eftirtalin útivistarsvæði voru nefnd: Bláfjallafólkvangur, Esjuhlíðar, Heiðmörk, Hengilssvæðið, Reykjanesfólkvangur og Þingvallabjórðgarður. Samkvæmt niðurstöðum hafa Þingvellir og Heiðmörk mest gildi, því næst Bláfjallafólkvangur (mest gildi að vetri) en síðan koma Esjuhlíðar, Hengilssvæðið og Reykjanesfólkvangur á svipuðu róli. Hengilssvæðið er eina svæðið sem talið var hafa svipað gildi til útivistar og ferðaþjónustu að sumri og vetri, sem verður að teljast verulegur styrkur m.t.t. til framtíðaruppbyggingar á þjónustu við ferðamenn og útivistarfólk.

## Niðurstöður og ályktanir

Þannig benda niðurstöður rannsóknanna til þess að 120 MW virkjun á Hellisheiði muni fjölga útivistarfólki á svæðinu en hafa neikvæð áhrif á mikinn minnihluta fólks. Flestir telja æskilegt að virkjuninni fylgi aukin ferðaþjónusta, s.s. baðlón, bætt skíðaaðstaða og þjónustumiðstöð. Má telja líklegt að góð sambúð ferðaþjónustu og virkjunar í Svartsengi (Bláa Lónið) sem og móttaka ferðamanna að Nesjavöllum og önnur þjónusta þar kunni að hafa einhver áhrif á niðurstöðuna.

Mikilvægt er að afmarka framkvæmdasvæði Hellisheiðarvirkjunar eins þröngt og kostur er til að valda sem minnstum umhverfisspjöllum. Sérstaklega er mikilvægt að lágmarka sjónræn áhrif af gufuleiðslum og háspennulínum sem þorri fólks telur hafa

neikvæð áhrif á umhverfisupplifun sína. Þá þarf að leita leiða til að fækka háspennulínunum á svæðinu og halda hávaða frá borholum í lágmarki.<sup>2</sup>

Ef af framkvæmdum verður þarf að leita leiða til að halda opinni göngu-og reiðleið milli hrauns og hlíðar og gönguleiðum með upphaf við Sleggjubeinsdal. Æskilegt er að gönguleiðir, að mestu án mannvirkja, liggi um Hengilssvæðið, s.s. frá Kolviðarhóli til Nesjavalla en einnig þvert á svæðið, frá vestri til austurs. Í því sambandi þarf að vinna aðalskipulag fyrir Hengilssvæðið og Hellisheiði. Marka þarf skýra stefnu til frambúðar um hvar á svæðinu skuli vera lítt snortin göngu- og útivistarsvæði og hvar afmörkuð framkvæmdasvæði og mannvirkjabelti. Við þær ákvarðanir verði m.a. tekið mið af vægi einstakra svæða fyrir útivist og ferðaþjónustu og gildi landslags og landslagshleilda á svæðinu.

Með virkjun á Hellisheiði, einkum ef hún rís í nágrenni Kolviðarhóls, gefst áhugavert tækifæri til að samþætta uppbyggingu jarðvarmavirkjunar og ferðaþjónustu strax á hönnunarstigi, en slíku hefur ekki verið að heilsa hér á landi fyrr. Staðurinn er á ýmsan hátt einstakur því þar liggja saman leiðir margra mismunandi hópa útivistarfólks, s.s. skíðafólks, göngufólks, hestamanna, vélsleðafólks og jeppamanna. Þá er saga Kolviðarhóls vissulega þess virði að henni séu gerð frekari skil.

Í þessu sambandi má hugsa sér að í nágrenni virkjunarinnar rísi þjónustu- og afþreyingarmiðstöð er héldi utan um alla þjónustu og afþreyingu sem í boði yrði á svæðinu, en að nokkrir aðilar gætu haft einstaka rekstrarþætti með höndum (ekki Orkuveitan sjálf). Undir þaki miðstöðvarinnar gæti m.a. verið fræðslusetur og aðstaða til sérsýninga, veitingastaður, sturtur, hreinlætis- og búningaástaða, nestisaðstaða og kennslustofa fyrir nemendur og aðra hópa og útleiga á golf-, skíða-, sund- og göngubúnaði. Þar gæti einnig verið minjagripasala og verslun sem tengdist áður nefndri afþreyingu og sögu svæðisins. Þar væri jafnframt miðasala að fræðslusetri og sýningum, böðum, hugsanlegum golfvelli, skíðalyftum og skipulögðum ferðum. Í miðstöðinni væri aðsetur umsjónarfólks mannvirkja, leiðsögumanna göngufólks á sumrin og skíðagöngufólks á vetrum. Þá gæti vandað leiksvæði fyrir börn verið á lóð miðstöðvarinnar og einnig aðstaða til að njóta þar veitinga, fræðslu og skemmtunar þegar veður leyfir.

---

<sup>2</sup> Hér er rétt að taka fram að blásandi borholur eru aðdráttarafl fyrir ýmsa ferðamenn, þrátt fyrir þann hávaða sem þeim fylgir. Það sýndi m.a. könnunin RRF sem gerð var vegna mögulegrar stækkunar Kröfluvirkjunar sumarið 2000. Þar voru þeir sem komu að borholu 34 við Víti, sem þá var í blæstri, spurðir hvort borholan hefði haft jákvæð, engin eða neikvæð áhrif á upplifun þeirra. Niðurstaðan var sú að 56% Íslendinga og 41% erlendra ferðamanna töldu áhrifin jákvæð en 11% Íslendinga og 19% útlandinga álitu þau neikvæð. Helstu jákvæðu áhrifin voru talin þau að með nálægð við holuna skynjuðu menn betur ógnarkraft náttúrunnar. Hinir neikvæðu nefndu helst að þarna væri ekki um náttúrulagan uppblástur jarðgufu að ræða.



Í slíkri þjónustu- og afþreyingarmiðstöð gæti einnig verið vel til fallið að hafa sýningu um Hengilinn og Hellisheiði. Mætti þar m.a. vísa til Íslendingasagna, þjóðsagna, örlagaríkra ferðir yfir heiðina, sagna um draugagang á Hellisheiði og á Kolviðarhóli. Þá væri við hæfi að hafa þar fasta sýningu um sögu Kolviðarhóls frá 1844-1952 og helstu gestgjafa sem þar störfuðu.

Í ljósi mikilla vinsælda baða hér á landi, jafnt meðal Íslendinga og erlendra ferðamanna, má teljast eðlilegt að stefna að því að baðaðstaða verði einn helsti burðarás ferðaþjónustu við Hellisheiðarvirkjun árið um kring, ásamt fræðslusetrinu, ef aðstæður skapast til slíks.

Mikill fjöldi fólks fer um Hellisheiði. Þannig má samkvæmt rannsóknum og umferðartalningu Vegagerðarinnar áætla að 400-450 þúsund manns hafi farið yfir heiðina eða um Þrengsli árið 2001, svipaður fjöldi Íslendinga og erlendra ferðamanna, í alls 4-5 milljón skipti (samanlagt fram og til baka).. Þar sem margir Íslendingar fara oft yfir Hellisheiði árlega en erlendir ferðamenn sjaldnast oftast en tvisvar, þ.e. fram og til baka, má áætla hlutdeild Íslendinga nálægt 90% af allri umferð um Hellisheiði árið 2001 en erlendra ferðamanna um 10%.

Miðað við þessa miklu umferð gæti jarðvarmavirkjun við Kolviðarhóll orðið afar fjölsóttur ferðamannastaður, ef vel tekst til með hönnun mannvirkja og þjónustu við gesti. Þar með gengi Kolviðarhóll í endurnýjun lífdaganna sem þjónustumiðstöð ferðamanna á Hengilssvæðinu og Hellisheiði og gegndi um leið öryggishlutverki fyrir þá sem færu þar um garð í vondum veðrum.



# Efnisyfirlit

<b>1.0</b>	<b>Inngangur</b>	<b>1</b>
<b>2.0</b>	<b>Símakönnun</b>	<b>3</b>
2.1	Framkvæmd	3
2.2	Kyn, aldur, búseta og atvinna	3
2.3	Útivistarfólk á Hengilssvæðinu og Hellisheiði 2001	4
2.4	Tegund útivistar og afþreyingar á svæðinu 2001	8
2.5	Viðkomustaðir á svæðinu 2001	11
2.6	Útivist á svæðinu veturinn 1999 – 2000 (til samanburðar)	14
2.7	Ferðaþjónusta í tengslum við nýja virkjun	15
2.8	Tillögur um æskilega þjónustu	15
2.9	Áhrif virkjunar á upplifun og heimsóknartíðni	17
2.10	Nesjavellir; heimsóknir og tillögur um bættu þjónustu	19
<b>3.0</b>	<b>Nesjavallakönnun</b>	<b>21</b>
3.1	Framkvæmd	21
3.2	Kyn, aldur, búseta, atvinna og menntun	21
3.3	Ferð og föruneysi	22
3.4	Nýtingarkostir raforku frá jarðvarmavirkjunum	23
3.5	Álit á þáttum er tengjast eða geta tengst jarðvarmavirkjunum	25
3.6	Skoðun á fullyrðingum	28
3.7	Álit á starfsemi fræðslumiðstöðvar	30
3.8	Farið um framkvæmdasvæði Hellisheiðarvirkjunar á liðnu ári	32
3.9	Áhrif virkjunar á upplifun og heimsóknartíðni	33
3.10	Afþreying í ferðinni - Íslendingar	34
3.11	Viðkomustaðir í ferðinni	35
3.12	Göngukortið um Hengilssvæðið	36
3.13	Álit á ferðaþjónustu á Nesjavöllum	37
3.14	Þjónusta sem vantar á Nesjavöllum	38
<b>4.0</b>	<b>Könnun á höfuðborgarsvæðinu</b>	<b>39</b>
4.1	Framkvæmd	39
4.2	Kyn, aldur, búseta og menntun	39
4.3	Gildi útivistarsvæða í nágrenni Reykjavíkur	39
4.4	Tegund útivistar og afþreyingar á svæðinu	42

4.5	Viðkomustaðir á svæðinu á liðnu ári	43
4.6	Nýtingarkostir raforku frá jarðvarmavirkjunum	44
4.7	Álit á þáttum er tengjast eða geta tengst jarðvarmavirkjunum	45
4.8	Áhrif virkjunar á upplifun og heimsóknartíðni	48
4.9	Afstaða til fullyrðinga	50
4.10	Álit á starfsemi fræðslumiðstöðvar	51
4.11	Tillögur um nýja eða bætta þjónustu að Nesjavöllum	52
<b>5.0</b>	<b>Vetrarkönnun</b>	<b>55</b>
5.1	Framkvæmd	55
5.2	Kyn, aldur, búseta, atvinna og menntun	55
5.3	Tegund útivistar og afþreyingar á svæðinu	55
5.4	Viðkomustaðir í ferðinni	56
5.5	Nýting á útivistarstöðum í nágrenni Reykjavíkur	56
5.6	Áhrif virkjunar á upplifun og heimsóknartíðni	57
5.7	Tillögur um bætta þjónustu fyrir vetrarferðamenn í tengslum við virkjun á Hellisheiði	59
5.8	Tillögur um bætta þjónustu fyrir vetrarferðamenn á Nesjavöllum	60
<b>6.0</b>	<b>„Dear Visitors 2001“ - könnun meðal erlendra ferðamanna</b>	<b>63</b>
6.1	Inngangur	63
6.2	Búseta	65
6.3	Kyn, aldur og menntun	65
6.4	Lengd Íslandsferðar, ferðamáti, föruneysi og farartæki	66
6.5	Erlendir ferðamenn að Nesjavöllum sumar og haust 2001	67

## Heimildir

### Viðaukar

1. Loftmynd af fyrirhuguðu framkvæmdasvæði Hellisheiðarvirkjunar og texti á 5 tungumálum.
2. Kort af fyrirhuguðu framkvæmdasvæði Hellisheiðarvirkjunar, texti og skýringar.
3. Símakönnun.
4. Nesjavallakönnun á íslensku.
5. Nesjavallakönnun á ensku.
6. Könnun á höfuðborgarsvæðinu.
7. Vetrarkönnun.

# 1.0 Inngangur

Í þessari samantekt er m.a. greint frá niðurstöðum úr skoðanakönnunum sem Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar framkvæmdu fyrir Orkuveitu Reykjavíkur vegna fyrirhugaðrar jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði á tímabilinu júlí 2001 til maí 2002. Markmið þeirra var að skoða möguleg áhrif virkjunarframkvæmda á útivist og ferðaþjónustu á Hellisheiði og Hengilssvæðinu.

Neðangreindar athuganir voru gerðar:

- **Símakönnun**  
Símakönnun meðal almennings 18-75 ára í nóvember 2001. Úrtak 1100 manns. Nettósvörun 72,3%. Greint er frá niðurstöðum í kafla 2.
- **Nesjavallakönnun**  
Vettvangskönnun meðal gesta á Nesjavöllum síðasumars og haust 2001. Svör 226, þar af 163 Íslendingar og 63 erlendir ferðamenn. Fjallað er um niðurstöður í kafla 3.
- **Höfuðborgarsvæðið**  
Vettvangskönnun meðal fólks á höfuðborgarsvæðinu veturinn 2001-2002. Svör 691. Greint er frá niðurstöðum í kafla 4.
- **Vetrarkönnun**  
Vettvangskönnun meðal útivistarfólks á Hellisheiði í mars og apríl 2002. Svör 237. Fjallað er um niðurstöðurnar í kafla 5.
- **„Dear Visitors 2001“ - erlendir ferðamenn**  
Könnun meðal 1670 erlendra ferðamanna í Leifstöð sumar og haust 2001. Spurt um komur á Nesjavelli. Greint er frá niðurstöðum í kafla 6.

Alls tóku því um 3600 ferðamenn og útivistarfólk þátt í þessum athugunum er varða ferðaþjónustu og útivist á Hellisheiði og Hengilssvæðinu.





## 2.0 Símakönnun

### 2.1 Framkvæmd

Símakönnun var gerð meðal almennings, 18-75 ára, í nóvember 2001 og var úrtakið 1100 manns. Af þeim náðist til 1.056 þeirra og svöruðu 761 könnuninni. Nettósvörun var því 72,3%, sambærilegt við það sem almennt gerist í símakönnunum.

Markmiðið var að skoða nýtingu Íslendinga á Hellisheiði og Hengilssvæðinu til mismunandi útivistar og afþreyingar og dreifingu þeirra um svæðið (hvar komið). Jafnframt að kanna álit þeirra til fyrirhugaðrar jarðvarmavirkjunar og líkleg áhrif hennar á upplifun af svæðinu og heimsóknir þangað.

Í úrvinnslunni er gerð grein fyrir svörum allra þátttakenda og borin saman afstaða þeirra sem búa í Reykjavík og á Reykjanesi annars vegar og á landsbyggðinni hins vegar. Þegar svör eru greind eftir kyni, aldri o.fl. er lögð áhersla á að skoða svarendur frá suðvesturhorninu, þar sem þeir eru mikilvægasti hópurinn sem stundar útivist á umræddu svæði, auk þess sem skekkjumörk verða of mikil ef greina á svör fólks af landsbyggðinni með sama hætti.

### 2.2 Kyn, aldur, búseta og atvinna

Konur voru 54% svarenda í símakönnuninni en karlar 46%.

Flestir voru á aldrinum 36-55 ára, en aldurskipting svarenda var sem hér greinir:

18-35 ára 36%

36-55 ára 40%

> 55 ára 24%

Um 71% voru frá Reykjavík eða Reykjanesi en 29% af landsbyggðinni.

Flestir störfuðu við skrifstofu- eða verslunarstörf (24%), en því næst komu lífeyrisþegar, verkafólk, kennarar / heilbrigðisstéttir og nemendur (10-14%), þá stjórnendur, iðnaðarmenn og háskólasérfræðingar (7%) og loks húsmæður (4%) og bændur (2%).

## 2.3 Útivistarfólk á Hengilssvæðinu og Hellisheiði 2001

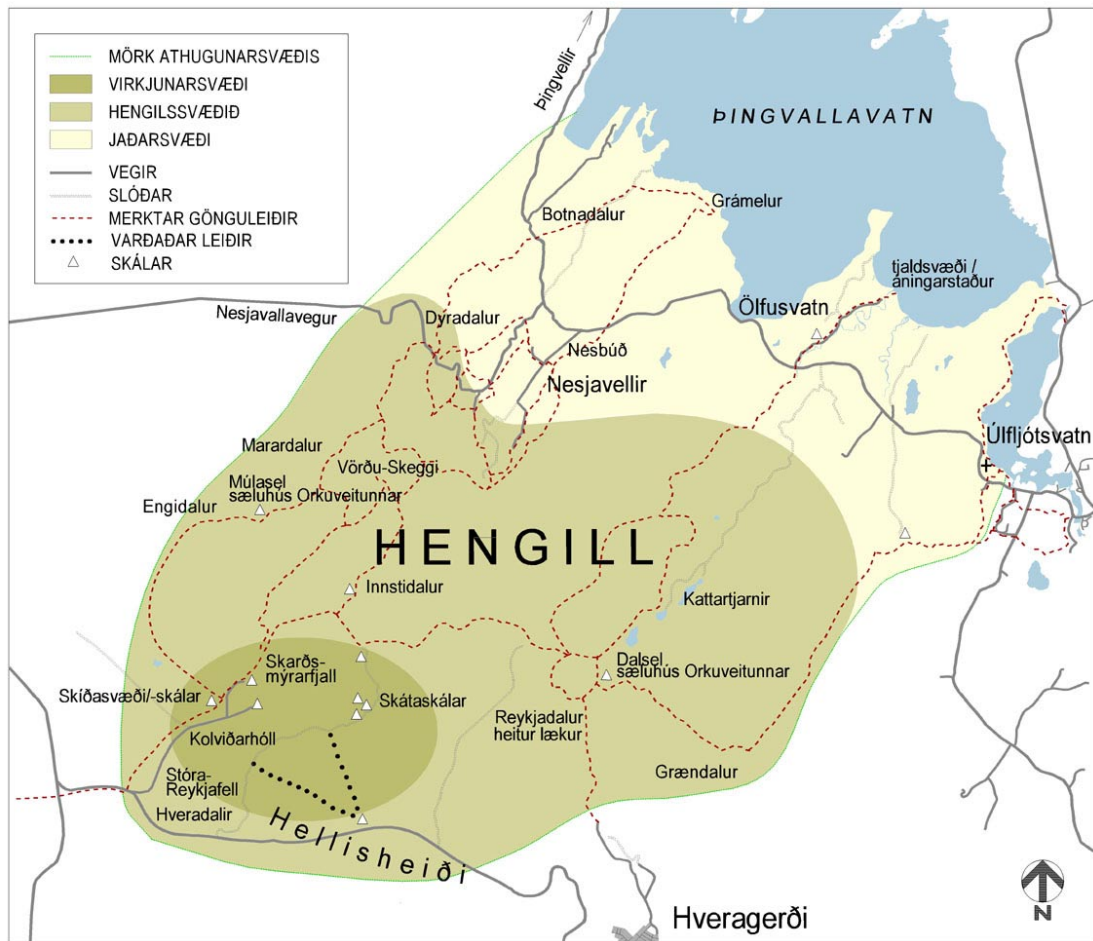
### Fjöldi fólks og tíðni heimsókna

Í símakönnun var m.a. spurt um útivist og afþreyingu fólks á Hellisheiði og Hengilssvæðinu árið 2001 (heimsókn að Nesjavöllum ekki meðtalin). Hengilssvæðið var skilgreint sem svæðið frá Mosfellsheiði og Hellisheiðarvegi að Þingvallavatni, austur að Úlfljótsvatni og að Hveragerði. Þannig náði athugunarsvæðið í raun nokkuð norðaustur fyrir Hengilssvæðið og tók einnig til suðurstrandar Þingvallavatns og Úlfljótsvatns.

Á kortinu hér að neðan hefur athugunarsvæðinu verið skipt í þrennt: innst er fyrirhugað virkjunarsvæði, þá Hengilssvæðið og loks jaðarsvæði þess.

### 1. mynd

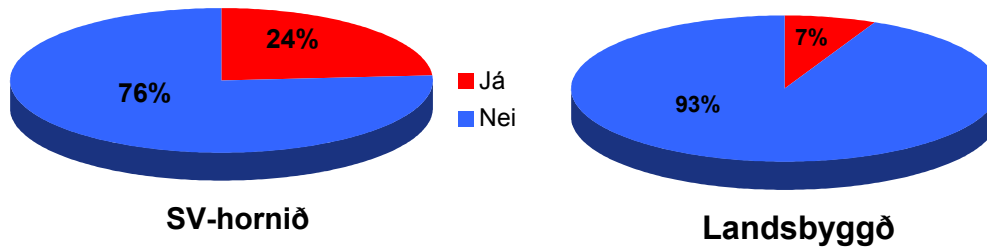
### Athugunarsvæði í símakönnun



Landmótun ehf

Rúmlega 18% þátttakenda töldu sig hafa stundað einhverja útivist eða afþreyingu á athugunarsvæðinu síðastliðið ár, 24% íbúa Reykjavíkur og Reykjaness (SV-horninu) og 7% landsbyggðarfólks.

## 2. mynd Hefur þú farið um Hengilssvæðið eða Hellisheiði síðastliðna 12 mánuði til að stunda þar útivist eða afþreyingu?



Þessar niðurstöður má síðan skoða með öfugum formerkjum og segja sem svo að rúmlega þrjú af hverjum fjórum 18-75 ára íbúum í Reykjavík og á Reykjanesi hafi ekki stundað útivist á athugunarsvæðinu síðastliðið ár, né heldur 93% íbúa á landsbyggðinni. Þetta hlutfall lækkar enn ef allir Íslendingar eru meðtaldir, þar sem víst má telja að fólk yfir 75 ára og börn yngri en 18 ára stundi þar að jafnaði minni útivist en sá aldurshópur sem hér er til skoðunar.

Þá má gefa sér það að nær allir íbúar suðvesturhornsins og flestir íbúar landsbyggðar hafi farið um næsta nágrenni fyrirhugaðrar jarðvarmavirkjunar, enda liggur einn fjölfarnasti hluti þjóðveggar 1 yfir Hellisheiði.

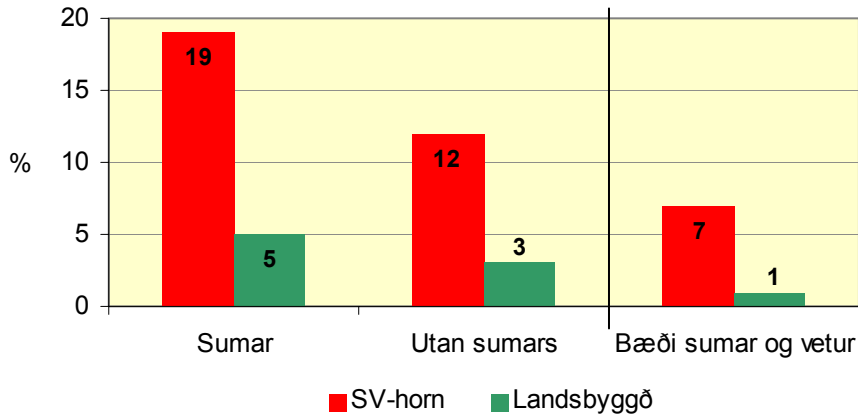
Um 130 þúsund manns á suðvesturhorni landsins eru á aldrinum 18-75 ára en ríflega 60 þúsund á landsbyggðinni. Samkvæmt niðurstöðunum má því áætla að um um 35 þúsund manns á þessum aldri hafi stundað einhverja útivist á athugunarsvæðinu árið 2001, um 31 þúsund íbúar suðvesturhornsins en ríflega 4 þúsund af landsbyggðinni.

Íslendingar á öðrum aldri, þ.e. 0-18 ára og eldri en 75 ára, eru rúmlega 90 þúsund talsins, um helmingur þess markhóps sem hér um ræðir. Með því að gefa sér að þessir aldurshópar stundi útivist á svæðinu til hálfis á við þá sem eru 18-75 ára má bæta fjórðungi við þær fjöldatölur sem hér eru settar fram. Miðað við það má áætla að alls hafi um 44 þúsund Íslendingar stundað útivist á svæðinu árið 2001 (35 þúsund +25%). Við þetta bætast síðan erlendir gestir sem þó er fremur lítið vitað um, utan þá sem fara um Nesjavelli. (Sjá áætlanir um fjölda erlendra gesta að Nesjavöllum í kafla 6.0).<sup>3</sup>

<sup>3</sup>. Við þetta má bæta að Arngrímur Hermannsson telur að Íslenskar Ævintýraferðir (áður Langjökull) hafi að farið með um 10.000 erlendra ferðamenn í vélsleða eða jeppaferðir um Hengilssvæðið árlega, árin 1999 og 2000. Þá er það mat Eggerts Lárussonar, umsjónarmanns útivistarsvæðanna á Hengilssvæðinu, að a.m.k., 20% þeirra sem nýta sér gönguleiðanet Orkuveitu Reykjavíkur á Hengilssvæðinu að sumarlagi séu erlendir ferðamenn.

Um 7% íbúa á suðvesturhorninu stunduðu útivist á athugunarsvæðinu, bæði að sumri (júní - september) og á öðrum tímum árs, en einungis 1% landsbyggðarfólks. 60% þeirra íbúa á suðvesturhorninu sem stunduðu einhverja útivist á athugunarsvæðinu að vetri til, gerðu það líka að sumri.

**2. mynd Hlutfall þeirra sem stunduðu útivist á athugunarsvæðinu eftir árstímum 2001**



1. tafla sýnir betur áætlaðan fjölda útivistarfólks á athugunarsvæðinu eftir árstímum 2001 og einnig þá sem fóru þangað bæði sumar og vetur.

**1. tafla Áætlaður fjöldi útivistarfólks á athugunarsvæðinu árið 2001**

	SV-horn		Landsbyggð	
	18-75 ára	Allir íbúar	18-75 ára	Allir íbúar
Sumar (júní – september)	25.000	31.000	3.100	3.900
Utan sumars (október-maí)	16.000	20.000	1.900	2.300
<b>Alls:</b>	<b>41.000</b>	<b>51.000</b>	<b>5.000</b>	<b>6.200</b>
Bæði að sumri og utan þess	9.000	11.000	600	800

Þeir íbúar suðvesturhorninsins sem iðkuðu útivist og afþreyingu á Hellisheiði og Hengilssvæðinu að sumarlagi gerðu það að jafnaði í 3,1 skipti en þeir sem stunduðu útivist að vetri gerðu það í 2,8 skipti að meðaltali. Landsbyggðarfólk sem stundaði afþreyingu á svæðinu gerði það að jafnaði í 5,5 skipti um sumarið 2001 en 4 skipti utan sumartíma.

Þannig má áætla að 25 þúsund íbúar á suðvesturhorninu, 18-75 ára, hafi stundað útivist á athugunarsvæðinu í 77 þúsund skipti sumarið 2001 og 16 þúsund manns í 45 þúsund skipti að vetrarlagi; alls í 123 þúsund skipti árið 2001. Með því að hækka þá tölu um 25% fyrir alla íbúa í Reykjavík og Reykjanesi má áætla að þeir hafi komið á svæðið í um 154 þúsund skipti til að stunda einhverja útivist og afþreyingu árið 2001.

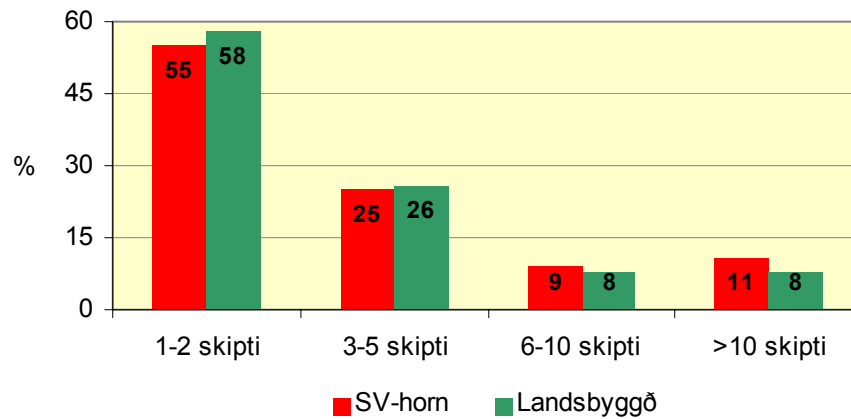


Við þetta bætist svo útivist um 6 þúsund íbúa á landsbyggðinni í nálægt 25 þúsund skipti. Þannig má lauslega áætla að 44 þúsund Íslendingar hafi stundað útivist á svæðinu árið 2001 í um 180 þúsund skipti, 115 þúsund skipti í júní til september en 65 þúsund á öðrum árstímum.<sup>4</sup>

Rúmlega helmingur þeirra sem höfðu stundað útivist á svæðinu árið 2001 höfðu komið í eitt eða tvö skipti en fjórðungur í þrjú til fimm skipti.

### 3. mynd

#### Útivistarfólk á athugunarsvæðinu árið 2001 - tíðni heimsóknna



### Eftir kyni

26% karla og 22% kvenna af suðvesturhorninu höfðu stundað útivist á athugunarsvæðinu. Karlarnir höfðu einnig komið oftar. Þannig má áætla að karlar hafi staðið fyrir um 57% ferða á svæðinu en konur 43%.

Útivistin skiptist með talsvert misjöfnum hætti milli kynja eftir árstímum. Konur komu fremur að sumri til en karlar voru í verulegum meirihluta utan sumartíma. Þannig benda niðurstöður til að 55% af öllum útivistarferðum karla á svæðið hafi verið að sumri en 45% að vetri, meðan 67% af ferðum kvenna voru að sumarlagi en 33% að vetri.

Samkvæmt því komu tvöfalt fleiri karlar á svæðið að sumri en vetri, en þrefalt fleiri konur.

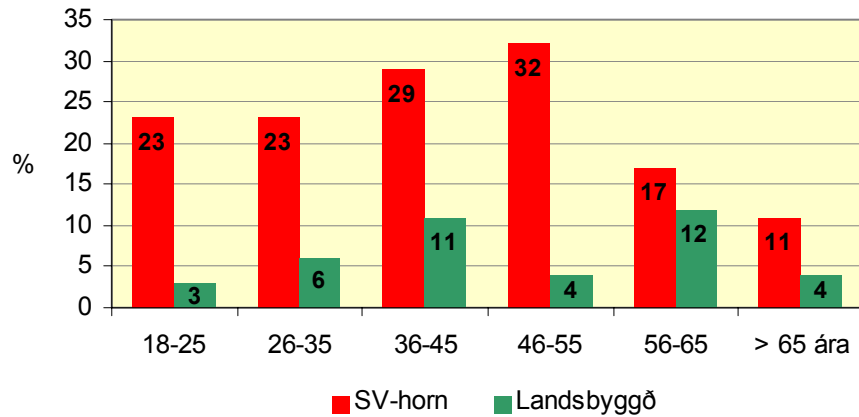
<sup>4</sup>. Mikilvægt er að taka þessum fjöldaáætlunum og öðrum fjöldatölum sem settar eru fram í þessum kafla með varúð og líta á þær sem hámarkstölur, auk þess sem fráviksmörk eru minnst +/- 10%. Svo virðist sem fólk ofáætli stundum fjölda ferða sinna og eins kann að vera að fólk taki með í reikninginn heldur lengra tímabil en beðið er um.

## Eftir aldurshópum

Meðalaldur þátttakenda sem stunduðu útivist á athugunarsvæðinu var 40,8 ár, 1,3 árum lægri en meðalaldur fólks í könnuninni. Hlutfallslega flestir voru 46-55 ára en litlu færri 36-45 ára.

### 4. mynd

Útivistarfólk á athugunarsvæðinu árið 2001  
- eftir aldurshópum



## 2.4 Tegund útivistar og afþreyingar á svæðinu 2001

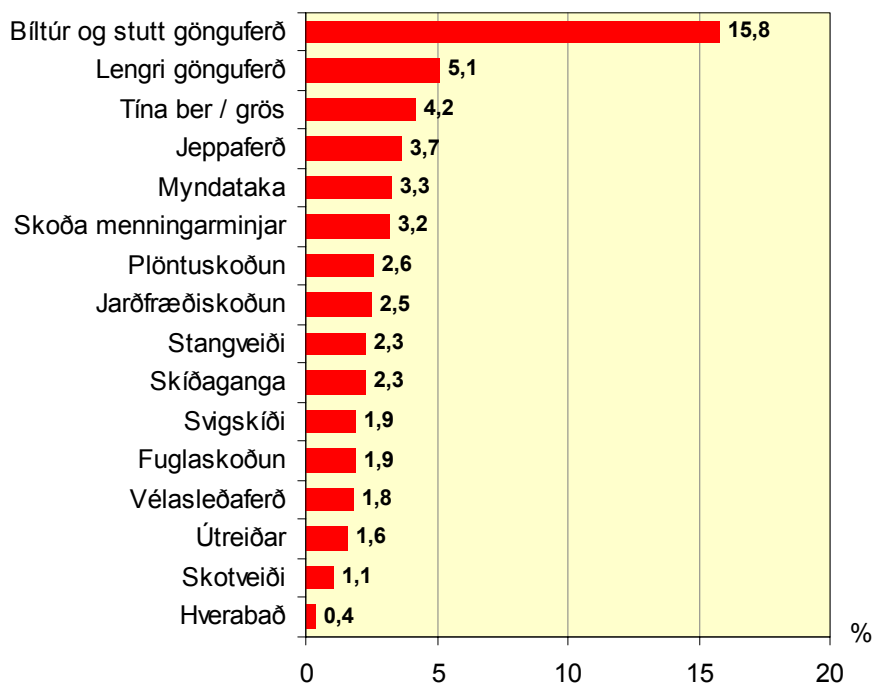
### Allir

Í könnuninni voru nefndir 16 útivistar- og afþreyingarmöguleikar og auk þess var þátttakendum boðið að nefna aðra útivist eða afþreyingu sem þeir stunduðu, ef um slíkt var að ræða.

3,9% íbúa af landsbyggðinni fóru í bíltúr og stutta gönguferð á athugunarsvæðinu árið 2001, 1,7% fóru í lengri gönguferðir eða stunduðu fuglaskoðun, 1,1% fóru á gönguskíði, svigskíði, kynntu sér jarðfræði og plöntulíf svæðisins eða tíndu ber, en 0,6% tóku myndir eða stunduðu skotveiði.

Á næstu mynd er greint frá niðurstöðum varðandi svarendur af suðvesturhorninu. Áberandi flestir fóru í stuttar gönguferðir, sem lið í bílferð um svæðið, en þrefalt færri í lengri gönguferðir. Í þriðja sæti kom berjatínsla en síðan skíðaiðkun af einhverju tagi, jeppaferðir, myndataka og það að skoða menningarminjar. Sjaldgæfast var að fólk stundaði skotveiði og hverabað.

## 5. mynd

Afpreying og útivist íbúa á SV-horninu,  
á athugunarsvæðinu árið 2001

Eins og sjá má af 2. töflu er misjafnt hve oft fólk stundaði mismunandi útivist eða afþreyingu. Þannig fer fólk oftast á svæði til að stunda skíði eða fara í vélsleðaferð en til að tína ber eða fara í stangveiði (Úlfjótsvatn, Þingvallavatn) svo dæmi séu tekin.

2. tafla Áætlaður fjöldi íbúa á SV-horninu og fjöldi skipta eftir tegund útivistar og afþreyingar á athugunarsvæðinu árið 2001

	Íbúar SV-horninu 18-75 ára		Fjöldi skipta og röðun		
	Hlutfall %	Fjöldi	Að jafnaði	Heildarfjöldi	Röðun
Bíltúr og stutt gönguferð	15,8	20.500	3,2	65.600	1
Lengri gönguferð	5,1	6.600	2,0	13.200	5
Tína ber / grös	4,2	5.400	1,6	8.600	7
Jeppaferð	3,7	4.800	3,2	15.400	2
Myndataka	3,3	4.300	3,5	15.000	3-4
Skoða menningarminjar	3,2	4.200	1,8	7.600	9
Plöntuskoðun	2,6	3.400	2,0	6.800	10
Jarðfræðiskoðun	2,5	3.300	2,0	6.600	11
Stangveiði	2,3	3.000	2,0	6.000	13
Skíðaganga	2,3	3.000	5,0	15.000	3-4
Svigskíði	1,9	2.500	4,1	10.200	6
Fuglaskoðun	1,9	2.500	2,6	6.500	12
Vélsleðaferð	1,8	2.100	4,0	8.000	8
Útreiðar	1,6	2.000	2,6	5.200	14
Skotveiði	1,1	1.400	2,8	3.900	15
Hverabað	0,4	500	1,6	800	16

Margir stunda nokkrar tegundir afþreyingar í sömu ferðinni, s.s. gönguferð þar sem dýralíf, plöntur og jarðfræði eru til skoðunar. Þannig eru þær ferðir sem farnar voru mikið færri en afþreyingartölurnar samanlagt.

### Eftir kyni og aldurshópum

Samkvæmt könnuninni voru karlar talsvert duglegri við að stunda útivist og afþreyingu á athugunarsvæðinu en konur og fólk á aldrinum 36-55 ára var tvöfalt virkara en fólk eldra en 55 ára.

3. tafla Útivist og afþreying íbúa á SV-horninu á athugunarsvæðinu árið 2001 – eftir kyni og aldurshópum

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	18-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Bíltúr og stutt gönguferð	15,0	16,8	16,9	19,1	8,7
Lengri gönguferð	6,2	4,3	3,9	7,1	3,6
Tína ber / grös	4,2	4,3	4,8	4,4	2,9
Jeppaferð	5,4	2,0	3,4	4,4	2,9
Myndataka	4,6	2,3	2,4	3,6	4,3
Skoða menningarminjar	1,9	1,7	2,9	3,6	2,9
Plöntuskoðun	3,1	2,3	1,0	4,0	2,9
Jarðfræðiskoðun	2,2	1,6	1,4	3,1	2,9
Stangveiði	3,1	1,6	2,9	2,7	0,7
Skíðaganga	1,9	2,6	3,4	2,2	0,7
Svigs kíði	1,5	2,3	3,4	1,8	0,0
Fuglaskoðun	2,3	1,6	1,4	1,8	2,9
Vélsleðaferð	1,5	2,0	4,3	0,4	0,0
Útreiðar	1,9	1,6	1,9	1,8	0,7
Skotveiði	2,3	0,0	0,5	1,3	1,4
Hverabað	0,4	0,4	0,4	0,5	0,0
<b>Samtals</b>	<b>57,5</b>	<b>47,4</b>	<b>54,9</b>	<b>61,8</b>	<b>34,5</b>

Meðalaldur fólks var misjafn eftir því hvaða útivist eða afþreyingu það stundaði. Þeir sem fóru í vélsleðaferðir voru að jafnaði 26 ára, svigs kíðafólk 30 ára, skíðagöngufólk 35 ára og þeir sem fóru í stangveiði 36 ára. Hins vegar var meðalaldur fuglaskoðara og skotveiðimanna 49 ár, þeirra sem tóku myndir 47 ár og fólk sem skoðaði jarðmyndanir og plöntur var 46 ára að jafnaði. Þeir sem iðkuðu aðra afþreyingu (útreiðar, lengri gönguferðir, jeppaferðir, hveraböð, berjatinslu og menningarminjaskoðun) voru að jafnaði 40 til 43 ára.

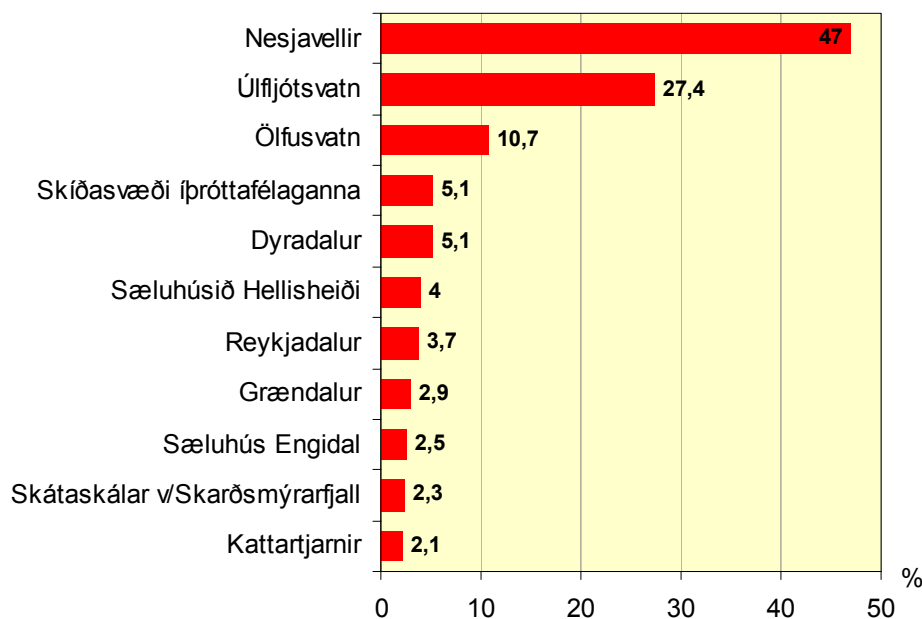
## 2.5 Viðkomustaðir á svæðinu 2001

### Allir

Tæplega helmingur svarenda á suðvesturhorninu höfðu komið að Nesjavöllum á síðastliðnu ári (um 40% af heildinni), rúmlega fjórðungur að Úlfjótuvatni og níundi hluti að Ölfusvatni. Um 5% höfðu komið á skíðasvæði íþróttafélaganna og/eða í skála Víkings, ÍR og Vals í nágrenni Kolviðarhóls og jafn margir höfðu haft viðkomu í Dyradal. Fæstir komu að Kattartjörnum eða skátaskálunum við Skarðsmýrarfjall af þeim stöðum sem spurt var um.

### 6. mynd

Viðkomustaðir íbúa á SV-horninu á athugunarsvæðinu árið 2001



18% þátttakenda af landsbyggðinni höfðu komið að Nesjavöllum á síðastliðnu ári 9,5% að Úlfjótuvatni, 2,8% að Ölfusvatni, 2,2% á skíðasvæði íþróttafélaganna en 0,6-1,1% á aðra staði.

Það var talsvert misjafnt hve oft fólk á suðvesturhorninu kom á nefnda staði. Þeir sem komu á skíðasvæði íþróttafélaganna gerðu það í fimm skipti að jafnaði, gestir að Nesjavöllum höfðu að jafnaði komið þar í tvö skipti árið 2001 en útvistarfólk sem lagði leið sína að Kattartjörnum eða í Grændal kom þangað í rúmlega eitt skipti að jafnaði.



**4. tafla**      **Áætlaður fjöldi íbúa á SV-horninu og fjöldi heimsókna eftir stöðum á athugunarsvæðinu árið 2001**

	<b>Íbúar SV-horninu 18-75 ára</b>		<b>Fjöldi heimsókna og röðun</b>		
	Hlutfall %	Fjöldi	Að jafnaði	Heildarfjöldi	Röðun
Nesjavellir	47,0	61.000	2,1	128.000	1
Úlfjótuvatn	27,4	35.600	1,9	68.000	2
Ölfusvatn	10,7	13.900	1,5	21.000	4
Skíðasvæði Íþróttafél.	5,1	6.600	5,0	30.000	3
Dyradalur	5,1	6.600	2,1	13.900	5
Sæluhúsið á Hellisheiði	4,0	5.200	2,4	12.500	6
Reykjadalur	3,7	4.800	1,7	8.100	7
Grændalur	2,9	3.800	1,5	5.700	8
Sæluhús Engidal	2,5	3.200	1,3	4.200	10
Skátaskálar	2,3	3.000	1,5	4.500	9
Kattartjarnir	2,1	2.700	1,4	3.800	11

Miðað við fyrri forsendur má bæta um 25% við þennan áætlaða fjölda gesta og heildarfjölda heimsókna, ef taka á tillit til þeirra sem eru 0-18 ára og eldri en 75 ára. Þetta er varlega áætlað á stöðum sem eru í góðu vegasambandi, s.s. á Nesjavöllum, Úlfjótuvatni og Ölfusvatni en líklega í hærri kantinum á afskekktari stöðum. Auk þess má svo bæta 10-15% við fjöldann vegna landsbyggðarfólks.

Það vekur athygli að meðaltíðni heimsókna á skíðasvæði íþróttafélaganna er helmingi hærri en að öðrum stöðum. Það skýrist einkum af því að fjórir af svarendum höfðu komið þangað 15 sinnum eða oftar á liðnu ári. Var þar um að ræða svigskíðafólk á aldrinum 18-30 ára. Ef það er ekki meðtalið var meðaltíðni heimsókna þeirra sem komu á skíðasvæði íþróttafélaganna 2,6 skipti árið 2001. Fjórir svarendur af landsbyggðinni höfðu komið á skíðasvæðin, að jafnaði í 5 skipti.

Samkvæmt 4. töflu má áætla heildarfjölda 18-75 ára Íslendinga um Nesjavelli nálægt 72 þúsund talsins árið 2001; 61 þúsund af suðvesturhorninu og 11 þúsund af landsbyggðinni. Ef við þann fjölda er bætt 25% til að áætla aðra aldurshópa sem þangað koma má gera ráð fyrir að 90 þúsund Íslendingar hafi farið um Nesjavelli árið 2001 í tæplega 200 þúsund heimsóknum. Á sama hátt má áætla að alls 50 þúsund Íslendingar hafi komið að Úlfjótuvatni árið 2001 í 90 þúsund heimsóknum.

### Fjöldi á fyrirhugað framkvæmdasvæði virkjunar

4,4% svarenda í símakönnun komu á skíðasvæði íþróttafélaganna og/eða að skátaskálanum undir Skarðsmýrarfjalli. Þannig má áætla að 10-11 þúsund Íslendingar hafi farið um fyrirhugað framkvæmdasvæði jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði árið 2001 í 30-40 þúsund skipti alls; 20-30 þúsund skipti utan sumartíma en um 10 þúsund skipti að sumarlagi (júní-september).<sup>5</sup> Stærstan hluta heimsóknanna má því rekja til skíðaiðkunar og annarrar vetrarafþreyingar á skíðasvæðunum og í nágrenni þeirra.

Karlar komu talsvert meira á virkjunarsvæðið en konur, í allt að 60% ferðanna og um þriðjungur fólks sem kom þangað var á aldrinum 36-45 ára.

### Fjöldi á Hengilssvæðið og nágrenni

11% þátttakenda höfðu komið á einhvern af stöðum innan hins eiginlega Hengilssvæðis sem innt var eftir í símakönnuninni (virkjunarsvæðið meðtalið) og 45% höfðu komið á einhvern af stöðunum í jaðri svæðisins, flestir að Nesjavöllum, en síðan Úlfjótuvatni og Ölfusvatni (sjá afmörkun svæða 1. mynd).

### Eftir kyni og aldurshópum

Karlar höfðu komið meira á nær alla staðina sem spurt var um en konur og fólk á aldrinum 36-55 ára hafði frekar komið þangað en fólk á öðrum aldurs skeiðum.

**5. tafla Hlutfall íbúa af SV-horninu á staði á athugunarsvæðinu árið 2001 – eftir kyni og aldurshópum**

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	18-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Nesjavellir	50,0	44,7	37,2	54,7	49,3
Úlfjótuvatn	29,2	26,0	23,2	33,8	23,2
Ölfusvatn	11,2	10,2	4,3	16,9	10,1
Skíðasvæði íþróttafél.	6,5	3,9	5,8	6,7	1,4
Dyradalur	7,3	3,3	3,4	8,4	2,2
Sæluhúsið á Hellisheiði	6,2	2,3	2,9	6,2	2,2
Reykjadalur	3,8	3,6	3,4	5,8	0,7
Grændalur	2,6	3,1	3,1	3,7	1,2
Sæluhús Engidal	3,1	2,0	1,0	3,6	2,9
Skátaskálar	3,1	1,6	1,9	2,7	2,2
Kattartjarnir	3,5	1,0	2,4	3,1	0,0
<b>Samtals</b>	<b>126,5</b>	<b>101,7</b>	<b>88,6</b>	<b>145,6</b>	<b>95,4</b>

<sup>5</sup>. Lægri fjöldatalan miðast við að hlutfall þeirra sem stunda skíðasvæðið að staðaldri til skíðaiðkunar sé í raun lægra en það var í könnuninni. Um það er þó ekki hægt að fullyrða.

Meðalaldur komugesta var breytilegur eftir því hvaða staði var spurt um. Á skíðasvæðum ípróttafélaganna, við Kattartjarnir og í Reykjadal var meðalaldurinn 38 til 39 ár, 41 ár í Grændal, 43 til 45 ár í sæluhúsinu á Hellisheiði, Dyradal, Úlfjótuvatni og skátaskálunum við Skarðsmýrarfjall. Hæstur var meðalaldur gesta á Nesjavöllum, Ölfusvatni og sæluhúsi Orkuveitunnar í Engidal, 46 til 48 ár.

## 2.6 Útivist á svæðinu veturinn 1999-2000 (til samanburðar)

Veturinn 2000-2001 var afar snjóléttur á suðvestanverðu landinu. Talsvert meiri snjór var veturinn á 1999-2000, en þó tæplega í meðallagi. Því var spurt um útivist fólks á Hengli og Hellisheiði veturinn 1999-2000, til að fá samanburðinn milli ára og vísendingar um mikilvægi snjóalaga fyrir vetraraðsókn að svæðinu.

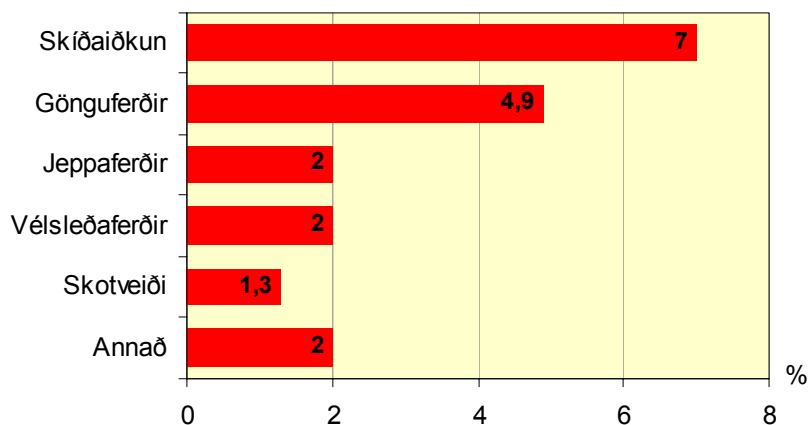
15% svarenda höfðu stundað einhverja útivist á Hellisheiði eða Hengilssvæðinu veturinn 1999-2000, 18% íbúa á suðvesturhorninu en 5% fólks af landsbyggðinni. Er það talsvert hærra hlutfall en veturinn 2000-2001 (12% af suðvesturhorninu og 5% af landsbyggðinni). Þannig benda niðurstöðurnar til þess, eins og við var að búast, að veðurfar skipti miklu máli hvað varðar ásókn í vetraraflþreyingu á athugunarsvæðinu.

23% karla af SV-horninu en um 14% kvenna kváðust hafa stundað útivist á svæðinu þennan vetur, 21-22% fólks 18-55 ára en um 9% þeirra sem eru eldri en 55 ára.

Veturinn 1999-2000 stunduðu flestir skíði (göngu- og svigskíði), um 40% þeirra sem stunduðu útivist á svæðinu. Síðan komu gönguferðir af einhverjum toga en þá vélsleða- og jeppaferðir.

### 7. mynd

Útivist á athugunarsvæðinu veturinn 1999-2000

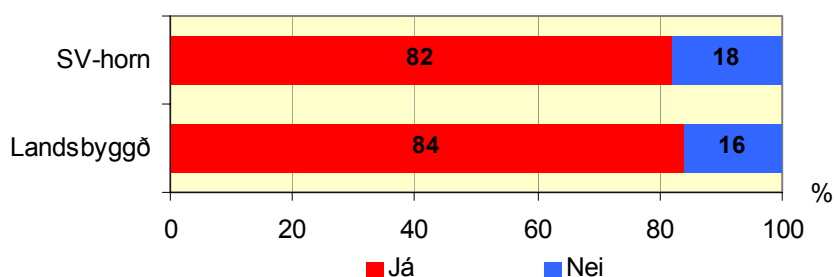


## 2.7 Ferðapjónusta í tengslum við nýja virkjun

Spurt var: „Telur þú rétt að byggja upp þjónustu eða afþreyingu fyrir ferðamenn og útivistarfólk í tengslum við fyrirhugaða jarðvarmavirkjun á Hellisheiði? “

82-84% þeirra sem afstöðu tóku töldu rétt að tengja uppbyggingu ferðapjónustu við áform um nýja jarðgufuvirkjun. <sup>6</sup>

### 8. mynd Telur þú rétt að byggja upp þjónustu við ferðamenn og útivistarfólk í tengslum við virkjun á Hellisheiði?



Fremur lítill munur var á afstöðu kynjanna og eftir aldurshópum hvað þessa spurningu varðar. Þannig töldu 84% kvenna en 79% karla, er afstöðu tóku, rétt að stuðla að uppbyggingu ferðapjónustu við virkjunina, 80% fólks eldra en 55 ára, 81% þeirra sem eru 36-55 ára og 84% svarenda 18-35 ára.

Einungis 18% þeirra sem nýttu svæðið til útivistar og afþreyingar árið 2001 voru óákveðnir í afstöðu sinni en 31% annarra. Um 83% þeirra sem nýttu svæðið árið 2001 voru jákvæðir til uppbyggingar ferðapjónustu við virkjunina.

## 2.8 Tillögur um æskilega þjónustu

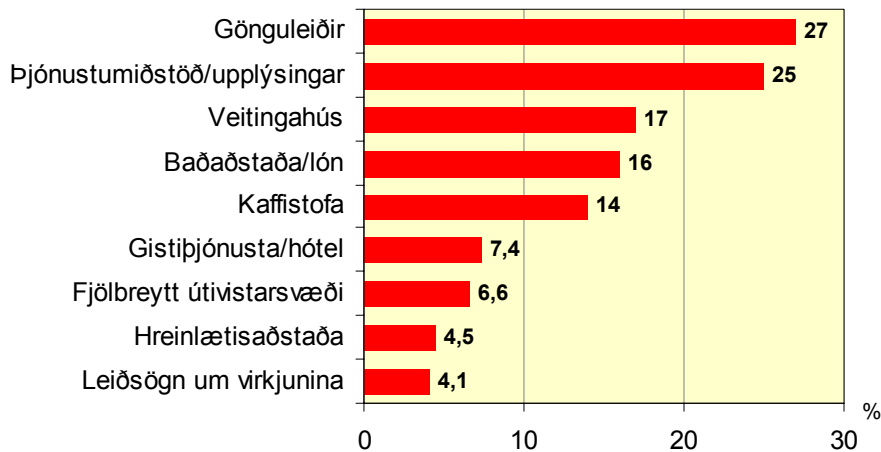
Um þriðjungur þátttakenda kom með tillögur um þjónustu sem æskilegt væri að tengja jarðgufuvirkjun á Hellisheiði, 246 nefndu afþreyingu að sumri en 180 að vetrarlagi.

### Þjónusta að sumri

Flestir töldu æskilegt, hvað sumarþjónustu í nágrenni virkjunar varðar, að gera betur við göngufólk og að byggja upp fjólpætta þjónustu- og upplýsingamiðstöð. Einnig vildu margir hafa þar baðaðstöðu, veitingahús og kaffistofu en færri töldu gistingu nauðsynlega.

<sup>6</sup>. 29% aðspurðra tóku ekki afstöðu til spurningarinnar, þar af 27% íbúa suðvesturhornsins en 37% af landsbyggðinni, 24% karla og 34% kvenna.

**9. mynd Hugmyndir um sumarþjónustu við Helligheidarvirkjun hlutfall þeirra sem komu með tillögur**

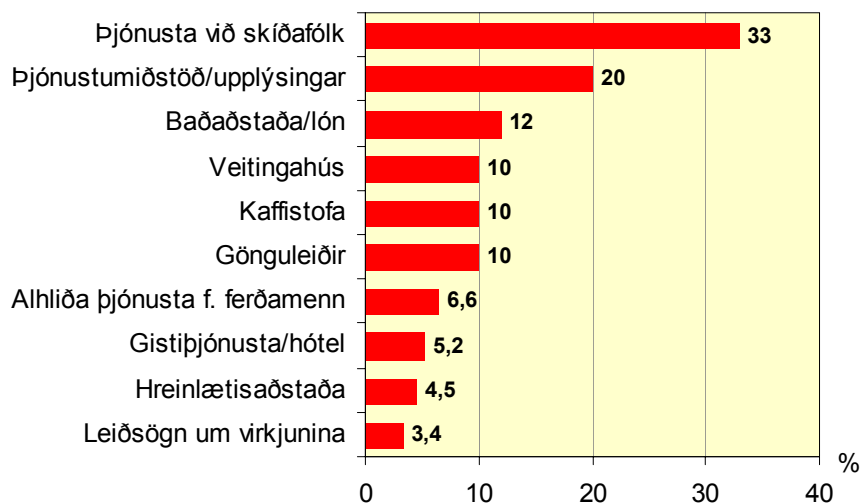


6-7 þátttakendur töldu góð upplýsingaskilti, reiðgötur og aðlaðandi aðkomu mikilvæga. 3-5 vildu boltavöll á svæðið (körfubolti, fótbolti), golfvöll og almenna leiðsögn um Hengilssvæðið eða nefndu að aðstaðan ætti að vera svipuð og á Nesjavöllum. 1-2 vildu hafa þar minni skála til útleigu, grillaðstöðu, tjaldstæði, útsýnispall, aðstöðu fyrir svífdrekaflugmenn og fallhlífastökkvara.

**Þjónusta að vetri**

Tæplega fjórðungur þátttakenda komu með hugmyndir að vetrarþjónustu við ferðamenn og útivistarfolk í tengslum við fyrirhugaða virkjun. Flestir voru með aukna þjónustu við skíðafólk í huga, bæði með því að bjóða þeim þjónustu innandyra, s.s. útleigu á búnaði en ekki síst að gera svæðið enn eftirsóknarverðara til skíðaiðkunar en nú er. Jafnframt voru margir fylgjandi því að á svæðinu væri allhliða þjónusta- og upplýsingamiðstöð fyrir ferðamenn og þá var ósk um baðaðstöðu, veitinga- og kaffiáðstöðu ofarlega á blaði, auk þjónustu við göngufólk.

**10. mynd Hugmyndir um vetrarþjónustu við Helligheidarvirkjun hlutfall þeirra sem komu með tillögur**





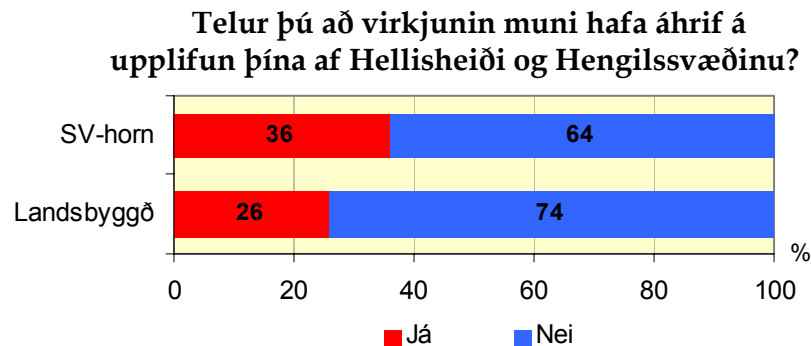
## 2.9 Áhrif virkjunar á upplifun og heimsóknartíðni

### Áhrif á upplifun

Spurt var hvort fólk teldi að fyrirhuguð jarðvarmavirkjun hefði áhrif á upplifun þess af Hellisheiði og Hengilssvæðinu.<sup>7</sup>

Af þeim sem afstöðu tóku töldu 67% að virkjunin myndi ekki hafa áhrif á upplifun þeirra af svæðinu en 33% álitu að svo yrði.

### 11. mynd



Lítill munur var á afstöðu kynjanna en meiri á afstöðu fólks eftir aldurshópum. Þannig álitu 44% þeirra sem voru eldri en 55 ára að virkjunin hefði áhrif á upplifun þeirra af svæðinu, 32% þeirra sem voru 36-55 ára en 26% fólks á aldrinum 18-35 ára.

### Hvaða áhrif?

Þeir sem töldu að virkjunin hefði áhrif á sig voru inntir eftir því hver þau áhrif yrðu.

Af þeim sem svöruðu nefndu um 57% að áhrifin yrðu jákvæð (14% af heild) en 18% að þau yrðu neikvæð (5% af heild). Ýmsir lögðu áherslu á að mikilvægt væri að standa þannig að öllum framkvæmdum að sómi væri að og að sem minnst röskun yrði á náttúru svæðisins.

### Áhrif á heimsóknartíðni

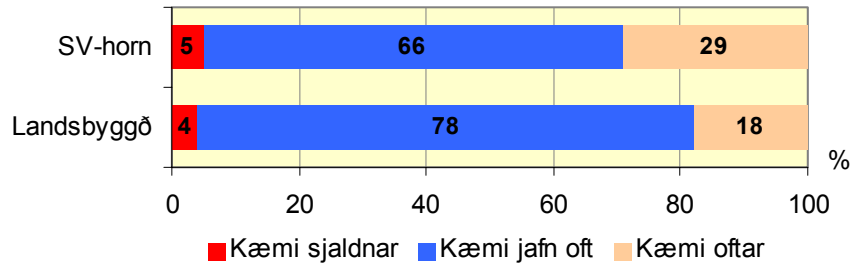
Spurt var hvaða áhrif fólk teldi að fyrirhuguð virkjun hefði á tíðni heimsókna þeirra á Hellisheiði og Hengilssvæðið.<sup>8</sup>

Af þeim sem afstöðu tóku töldu 68% að þeir kæmu jafnt eftir sem áður, 27% að þeir kæmu oftari en 5% að þeir kæmu sjaldnar. Íbúar í þéttbýlinu á SV-horninu töldu fremur en landsbyggðarfólk að þeir færu oftari um svæðið ef af virkjun yrði. Samkvæmt þessum niðurstöðum mun jarðvarmavirkjunin fremur draga fólk að svæðinu en fæla það frá.

<sup>7</sup>. Um 23% tóku ekki afstöðu til spurningarinnar, 16% karla og 28% kvenna.

<sup>8</sup>. Um 16% tóku ekki afstöðu til spurningarinnar, 12% karla en 20% kvenna.

**12. mynd** Hvaða áhrif telur þú að virkjunin muni hafa á tíðni heimsóknna þinna á Hellisheiði og Hengilssvæðið?



Karlar töldu fremur en konur að þeir kæmu oftár á svæðið ef að virkjun yrði og fólk eldra en 35 ára frekar en þeir sem yngri eru.

**6. tafla** Áhrif virkjunar á Hellisheiði á heimsóknartíðni - eftir kyni og aldurshópum

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	18-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Kæmi sjaldnar	3	6	7	4	3
Kæmi jafn oft	65	72	74	63	69
Kæmi oftár	32	22	19	33	28

Athyglisverður munur var á afstöðu fólks eftir starfsstéttum. Þannig töldu t.d. 11% kennara og heilbrigðisstarfsmanna að þeir kæmu sjaldnar á svæðið ef að virkjun yrðu en 14% að þeir kæmu oftár. Einungis 5% iðnaðarmanna töldu hins vegar að þeir kæmu sjaldnar en 37% að þeir kæmu oftár ef að framkvæmdum yrði.

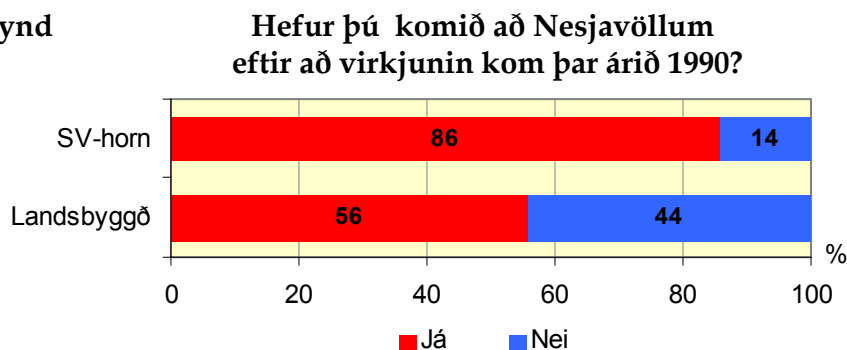
Það er einnig athyglisvert að 31% þeirra sem nýttu sér svæðið til útivistar árið 2001 telja að þeir kæmu oftár á svæðið ef að virkjun yrði en 26% þeirra sem ekki stunduðu þar útivist.

## 2.10 Nesjavellir; heimsóknir og tillögur um bættu þjónustu

### Heimsóknir að Nesjavöllum frá 1990

79% aðspurðra höfðu einhvern tímann komið að Nesjavöllum eftir að jarðvarmavirkjunin þar var gangsett árið 1990, 86% af íbúum á suðvesturhorninu en 56% landsbyggðarfólks.

### 13. mynd



Þannig má áætla að um 150 þúsund Íslendingar á aldrinum 18-75 ára hafi komið að Nesjavöllum frá árinu 1990 og nálægt 200 þúsund Íslendingar þegar allir eru meðtaldir.

80% karla og 78% kvenna höfðu komið að Nesjavöllum frá 1990, 86% þeirra sem voru eldri en 55 ára, 80% fólks 35-55 ára og um 73% fólks á aldrinum 18-35 ára.

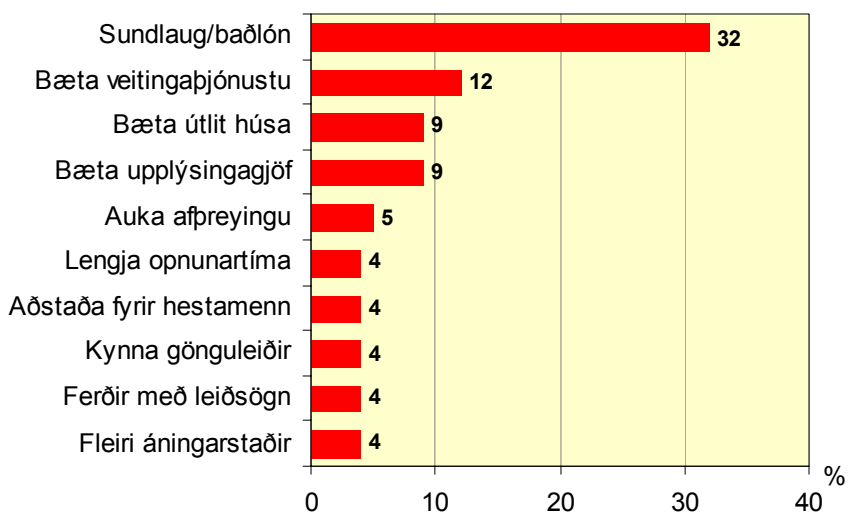
94% þeirra sem stunduðu einhverja útivist á Hellisheiði eða Hengilssvæðinu hafa komið að Nesjavöllum frá 1990 en 75% þeirra sem ekki gerðu slíkt.

### Tillögur um bættu þjónustu að Nesjavöllum

Sjötti hluti þátttakenda í könnuninni (108 manns) komu með tillögur að nýrri eða bættri þjónustu við ferðamenn að Nesjavöllum.

Hlutfallslega flestir þeirra lögðu til að þar yrði komið upp baðlóni eða sundlaug og töldu að heita vatnið væri vannýtt við eflingu ferðaþjónustu á Nesjavöllum. Aðrir töldu æskilegt að efla veitingaþjónustu, bæta útlit húsa (oftast átt við Nesbúð) og að auka kynningu og upplýsingar um svæðið og hvað þar stendur til boða.

**14. mynd** Hugmyndir um nýja eða bætta þjónustu að Nesjavöllum  
*hlutfall þeirra sem komu með tillögur*



Þrír vildu að gisting yrði aukin á Nesjavöllum, merkingar bætтар og fræðsla aukin um náttúru svæðisins. Tveir töldu hreinlætisaðstöðu ábótavant utan hefðbundins opnunartíma Nesbúðar og gestamóttökunnar.

## 3.0 Nesjavallakönnun

### 3.1 Framkvæmd

Könnunin var framkvæmd meðal gesta á Nesjavöllum í ágúst og september 2001. Flestir svöruðu í gestamóttökunni í Nesjavallavirkjun eða í Nesbúð en nokkrir í Dyradal.

Markmiðið með könnuninni var að skoða atferli ferðamanna á Nesjavöllum, viðhorf þeirra til þjónustunnar þar, nýtingar á jarðvarma til raforkuframleiðslu, viðhorf til fyrirhugaðrar Hellisheiðarvirkjunar og einstakra þátta er tengjast eða geta tengst jarðvarmavirkjunum.

Alls tóku 226 manns þátt í könnuninni, 163 Íslendingar og 63 erlendir ferðamenn. Sökum þess hve fáir erlendir svarendur eru verða þeir skoðaðir sem heild en ekki greindir eftir markaðssvæðum.

### 3.2 Kyn, aldur, búseta, atvinna og menntun

#### Kyn, aldur og búseta

58% erlendu þátttakendanna voru karlar en 42% konur. Meðal Íslendinga var hlutfall kynjanna nánast hið sama, þ.e. 57% voru karlar en 43% konur.

Flestir útlendingarnir voru á aldrinum 16-35 ára en meðal Íslendinga var um helmingur 36-55 ára. Þetta endurspeglast í meðalaldri hópanna sem var 35,7 ár meðal erlendra ferðamanna en 40,4 ár hjá Íslendingum.

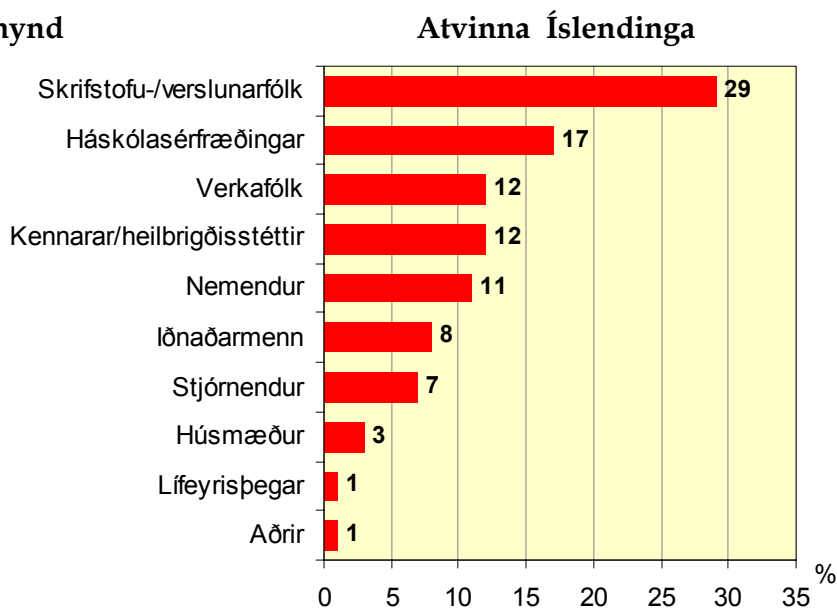
Flestir erlendu þátttakendurnir voru frá Bretlandi en síðan frá Norður-Ameríku, Suður-Evrópu, Norðurlöndum og Mið-Evrópu. Um 83% Íslendinga bjuggu í Reykjavík eða á Reykjanesi en um 17% á landsbyggðinni, þar af 11% á Suðurlandi.



## Atvinna og menntun

Meðal Íslendinga var verslunar-og skrifstofufólk fjölmennast, síðan komu háskólasérfræðingar, verkafólk, starfsfólk í heilbrigðisstéttum og kennarar.

### 15. mynd



Erlendir ferðamenn verða ekki greindir hér eftir atvinnu sökum þess hve fáir þeir eru.

Ekki var umtalsverður munur á menntun innlendu og erlendu þátttakendanna í könnuninni. Þannig höfðu 53% erlendu gestanna minna en fjögurra ára menntun eftir grunnskóla en 47% Íslendinga. Hins vegar voru um 24% erlendu gestanna með meira en 8 ára menntun að loknum grunnskóla en 17% Íslendinga.

## 3.3 Ferð og föruneysi

### Lengd ferðar

Erlendu ferðamennirnir dvöldu að jafnaði 10,9 nætur á Íslandi í ferðinni. Er það í góðu samræmi við meðaldvalarlengd erlendra gesta hér á landi sumarið 2001 samkvæmt könnuninni *Dear Visitors 2001* (sjá kafla 6.0).

68% Íslendinga voru í dagsferð frá heimili og voru að jafnaði um 5 klukkustundir í bíltúrnum. Þeir sem gistu utan heimilis voru að jafnaði í rúmlega fjögurra náttu ferð.

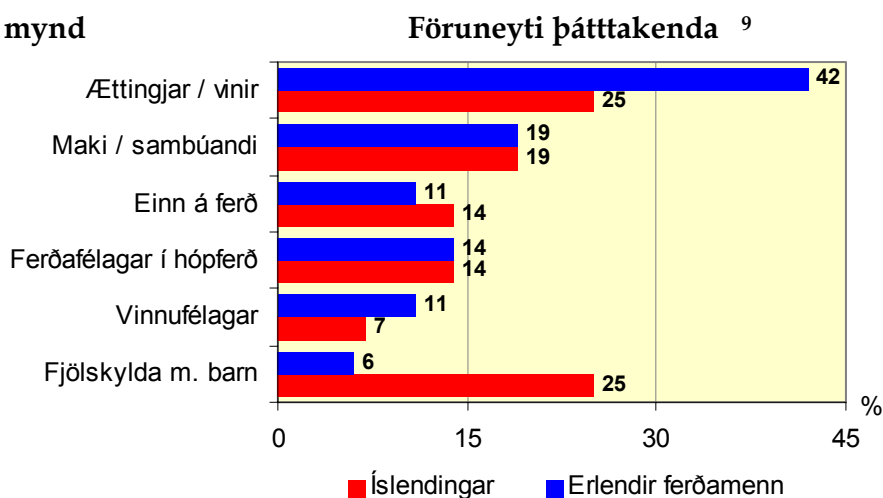
### Ferðamáti - útlendingar

74% erlendu gestanna voru á ferð á eigin vegum en 26% í skipulagðri hópferð.

## Föruneyti

Helsti munurinn á föruneyti hópanna er sá að erlendir gestir eru mikið meira með vinum en Íslendingar með börn í för.

### 16. mynd



## 3.4 Nýtingarkostir raforku frá jarðvarmavirkjunum

Spurt var um álit þátttakenda á því hvernig þeir teldu best að nýta raforku frá jarðvarmavirkjunum. Voru nefndir fimm kostir á nýtingu: til stóriðju, smáíðnaðar, almenningsnota, vetnisframleiðslu og útflutnings um sæstreng.<sup>10</sup>

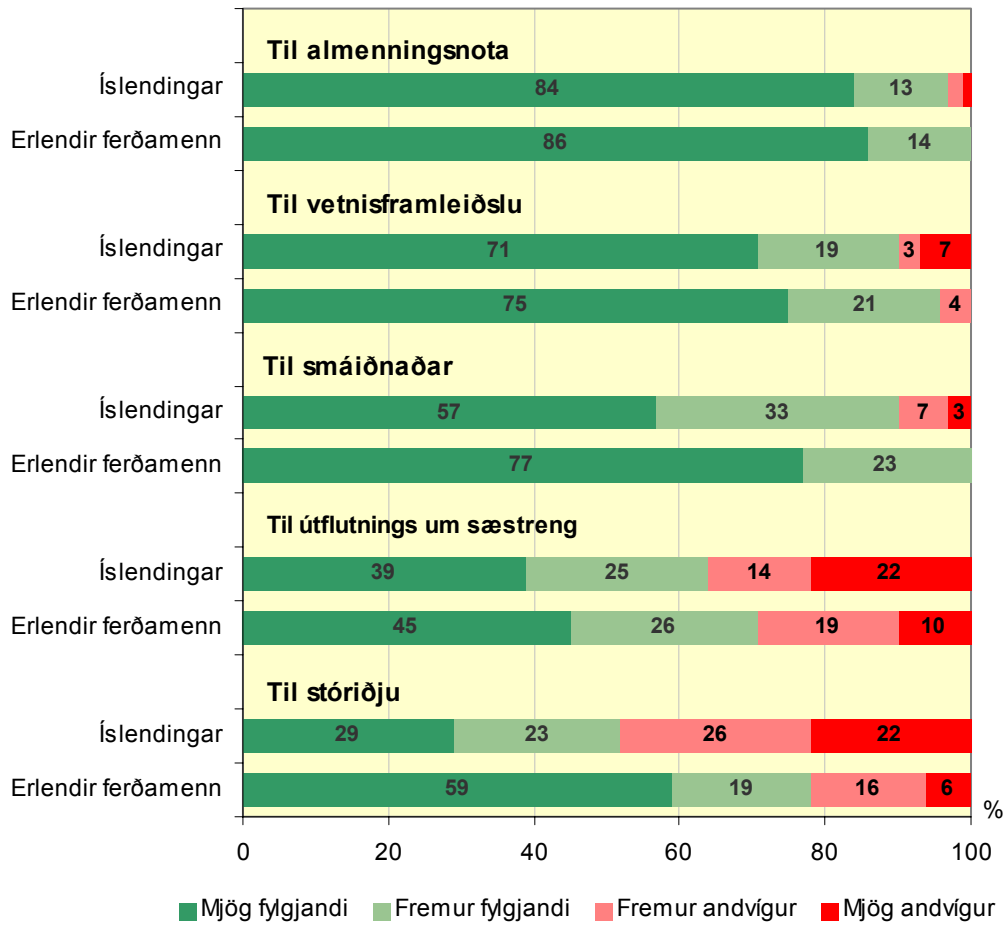
88-96% Íslendinga tóku afstöðu til einstakra nýtingarmöguleika raforkunnar. Flestir voru óákveðnir í afstöðu til útflutnings raforku um sæstreng (12%). 80% erlendu gestanna tóku afstöðu til nýtingar raforku til vetnisframleiðslu og yfir 90% til annarra nýtingarkosta.

Mikill munur kemur fram á afstöðu til mismunandi nýtingarkosta raforkunnar. Allir erlendu ferðamennirnir og nánast allir Íslendingar eru fylgjandi því að jarðvarmavirkjanir framleiði rafmagn til almenningsnota og jafnframt er mikill stuðningur við að þær framleiði rafmagn til vetnisframleiðslu (einkum meðal Íslendinga) og smáíðnaðar. Um tveir þriðju svarenda eru mjög eða fremur hlynntir útflutningi á raforku um sæstreng en þriðjungur er því andsnúinn. Íslendingar eru klofnir í afstöðu sinni til þess að jarðgufuvirkjanir framleiði raforku til stóriðju en erlendir ferðamenn eru því hlynntari.

<sup>9</sup>. 3-4% svarenda nefndu að þeir væru á ferð með maka og vinum eða fjölskyldu og öðrum ættingjum. Því verður samanlagt hlutfall 103-104%.

<sup>10</sup>. Vetnisframleiðsla notar mjög mikla orku, svipað og stóriðjan, sem ýmsir eru ugglaustr ekki vel upplýstir um. Munurinn er hins vegar sá að meiri mengun er samfara hefðbundinni stóriðju, einnig á viðkomandi vinnustað, og það setja ýmsir fyrir sig.

17. mynd **Álit á nýtingarkostum raforku frá jarðvarmavirkjunum**



Sé afstaða Íslendinga skoðuð nánar m.t.t. kynferðis og aldurs kemur í ljós að konur eru síður á því að nýta raforkuna til stóriðju en karlar. Þá vex andstaðan við raforkuútflutning um sæstreng með hækkandi aldri svarenda.

7. tafla **Álit Íslendinga á nýtingarkostum raforku frá jarðvarmavirkjum**  
– mjög eða fremur fylgjandi

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Til almenningsnota	97	98	98	97	100
Til vetnisframleiðslu	92	89	95	85	100
Til smáiðnaðar	92	88	85	91	100
Til útflutnings um sæstreng	64	63	74	62	39
Til stóriðju	59	43	49	52	52

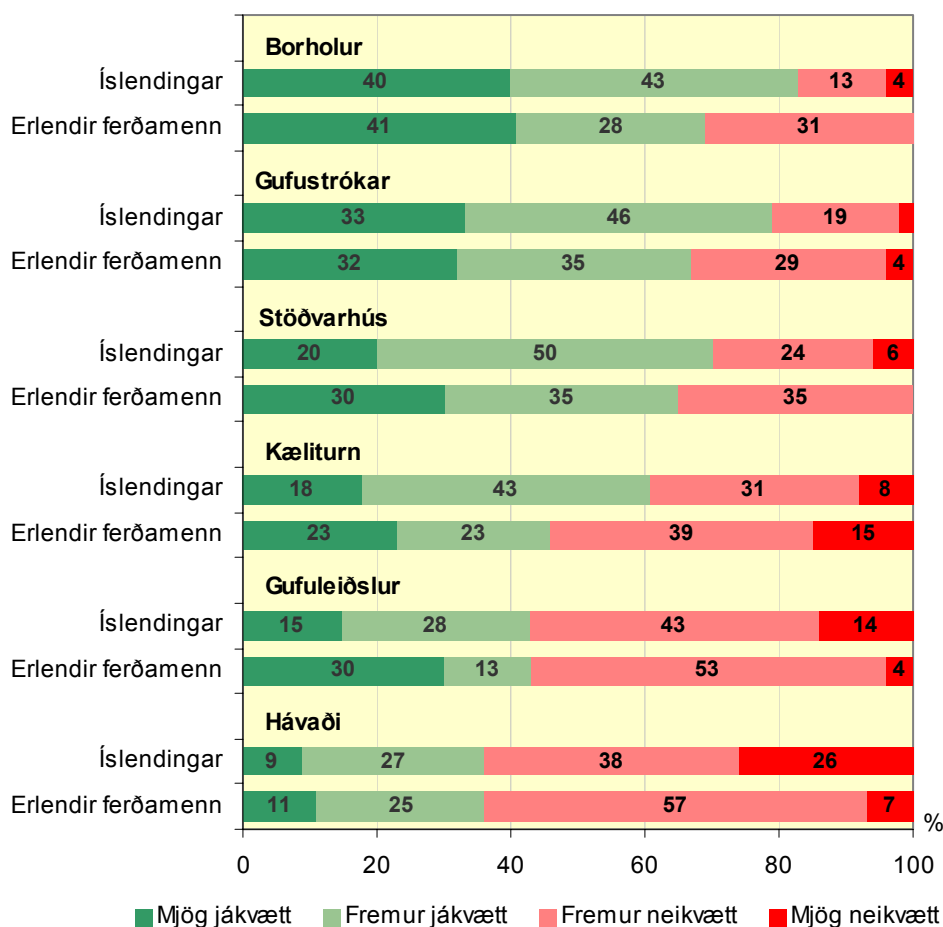
### 3.5 Álit á þáttum er tengjast eða geta tengst jarðvarmavirkjunum

Spurt var um álit þátttakenda á mannvirkjum sem tengjast eða geta tengst jarðvarmavirkjunum. Annars vegar var spurt um eftirtalda þætti og mannvirki sem ávallt fylgja jarðvarmavirkjunum: borholur, gufuleiðslur, hávaða, gufustróka, stöðvarhús og kæliturn. Hins vegar var spurt um álit á eftirtalinni þjónustu sem tengst getur virkjunum: baðlón/sundlaug, fræðslumiðstöð, gönguleiðamerkingar, ferðir með leiðsögn, veitingar, gistingu og útsýnispall með fræðsluskiltum.

#### Þættir sem tengjast jarðvarmavirkjunum

Mikill meirihluti svarenda voru jákvæðir til borhola og gufustróka, einkum þó Íslendingar, og tveir af hverjum þremur töldu stöðvarhús jákvæð. Menn skiptust í afstöðu sinni til kæliturns. Meirihluti beggja hópa töldu gufuleiðslur og hávaða vera neikvæða fylgifyrirkjona. Á hávaðanum frá borholum eru þó tvær hliðar (sbr. neðamálsgrein nr. 2 á bls. IV).

#### 18. mynd Afstaða til mannvirkja og þátta sem fylgja jarðvarmavirkjunum <sup>11</sup>



<sup>11</sup>. Einungis 5-12% tóku ekki afstöðu til einstakra þátta.

Hliðstæð spurning var lögð fyrir innlenda og erlenda ferðamenn í könnunum RRF fyrir Landsvirkjun í Mývatnssveit sumarið 2000, vegna áforma um stækkun Kröfluvirkjunar og virkjun í Bjarnarflagi. Var spurt um sömu þætti og forgangsröðunin er vel sambærileg. Þannig var verulegur meirihluti ferðamanna að Mývatni sáttur við gufustróka og borholur, 56-76% töldu hins vegar stöðvarhús og kæliturnna neikvæð mannvirki, 78-79% töldu leiðslur neikvæðar og 89-90% tóku afstöðu gegn hávaða. Þannig voru gestir á Nesjavöllum jákvæðari til stöðvarhúss, kæliturns, leiðslna og hávaða en gestir í Mývatnssveit. Íslendingar voru jákvæðari en erlendir ferðamenn og var meiri munur á þessum hópum í Mývatnskönnuninni. Skýringarinnar kann að vera að leita í samsetningu erlendra gesta, en mun stærra hutfall svarenda í Mývatnssveit var frá Mið-og S-Evrópu en fleiri frá Norðurlöndum og N-Ameríku að Nesjavöllum. Rannsóknir hafa sýnt að gestir frá Mið-og S-Evrópu sætta sig síður við rask á náttúrunni en fólk frá síðarnefndu markaðssvæðunum.<sup>12</sup>

Önnur skýring kann að vera sú að sú staðreynd að flestir gestir á Nesjavöllum voru þar til að skoða virkjunina og þar með má e.t.v. skilgreina þá í hóp áhugafólks um virkjun jarðvarma. Í Mývatnssveit var hins vegar um þversnið af gestum að ræða og það spurt meira niðri í sveit en í nágrenni Kröflu. Í OR-könnuninni meðal fólks á höfuðborgarsvæðinu (kafla 4) svaraði fólk óháð áhrifum frá umhverfi Nesjavallavirkjunar. Niðurstaðan þar hvað þessa spurningu varðar er miðja vegu á milli niðurstaðna úr Mývatnskönnun og Nesjavallakönnun. Í könnuninni á höfuðborgarsvæðinu var hins vegar spurt um borplön en ekki borholur og töldu rúmlega helmingur aðspurðra að borplön væru neikvæð mannvirki (sjá 31. mynd, kafla 4.7).

Þegar afstaða Íslendinga í Nesjavallakönnuninni til áðurnefndar virkjunarþátta er skoðuð eftir kynferði og aldri kemur í ljós að karlar eru almennt heldur jákvæðari til mannvirkjanna en konur og eldra fólk fremur en það yngra.

**8. tafla Afstaða Íslendinga til mannvirkja og þátta sem fylgja jarðvarmavirkjunum - mjög eða fremur jákvætt**

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Borholur	86	80	82	85	81
Gufustrókar	81	77	76	80	87
Stöðvarhús	73	66	63	68	94
Kæliturn	63	57	57	57	81
Gufuleiðslur	42	44	40	45	44
Hávaði	40	30	29	40	38

<sup>12</sup>. Heimild: Rögnvaldur Guðmundsson. „Stækkun Kröfluvirkjunar. Áhrif á ferðapjónustu og útivist.“ Reykjavík 2001.

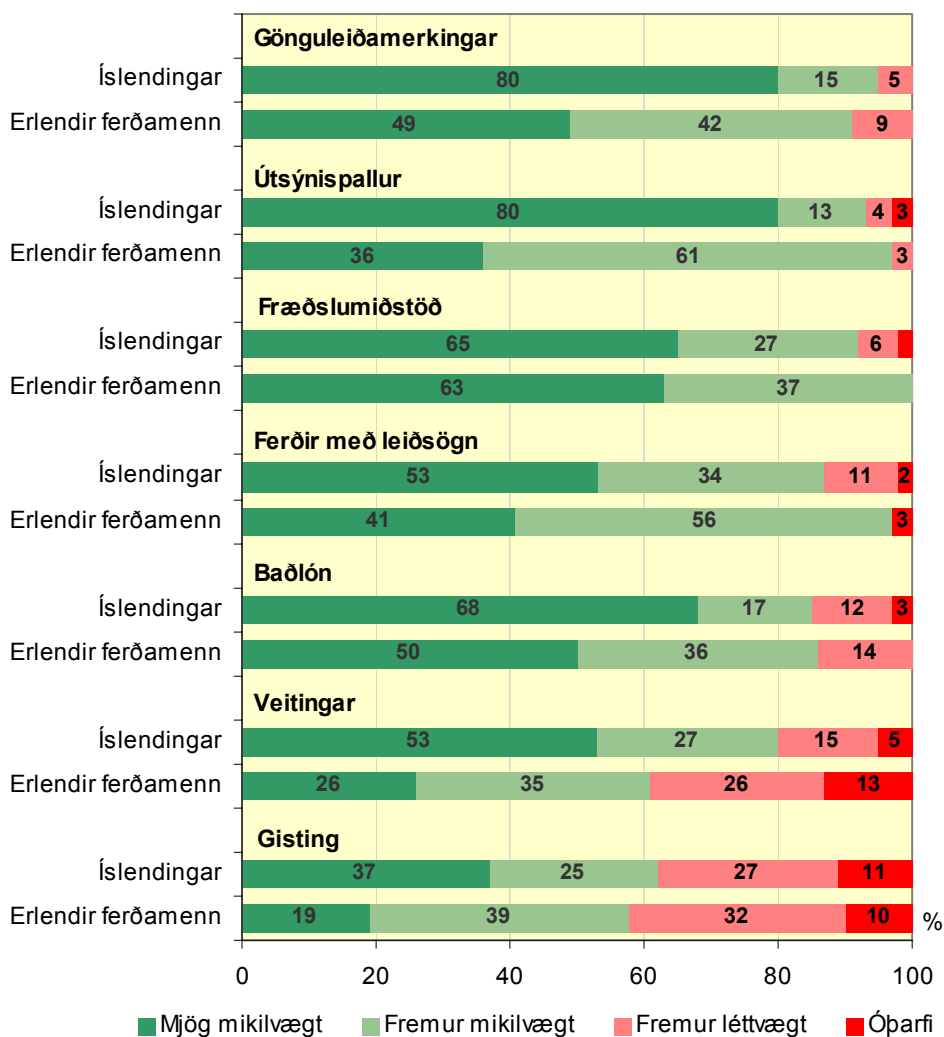


### Þjónusta sem tengst getur jarðvarmavirkjunum

Hvað varðar ýmsa þjónustu sem tengst getur jarðvarmavirkjunum almennt var mest fylgi við gönguleiðamerkingar, útsýnispall, fræðslumiðstöð og ferðir með leiðsögn sem 87-100% voru mjög eða fremur fylgjandi. Allir erlendu gestirnir töldu fræðslumiðstöð mikilvæga og 97% þeirra töldu ferðir með leiðsögn mikilvæga þjónustu.

85% töldu baðlón mikilvægt og 80% Íslendinga vildu hafa veitingar á staðnum en einungis 60% erlendra gesta. Um 60% töldu síðan mjög eða nokkuð mikilvægt að hafa gistingu í námunda við jarðvarmavirkjanir.

### 19. mynd Afstaða til þjónustu sem tengst getur jarðvarmavirkjunum <sup>13</sup>



Taka skal fram að mestöll þessi þjónusta er til staðar að Nesjavöllum en þó ekki almenn baðaðstaða fyrir almenning né reglubundin leiðsögn utandyra. Þá er veitingaþjónusta og gisting opin hluta ársins.

<sup>13</sup> . Einungis 1-2% þátttakenda tóku ekki afstöðu til þessara þátta.

Sambærileg spurning var jafnframt lögð fyrir innlenda og erlenda ferðamenn í áðurnefndum könnunum RRF fyrir Landsvirkjun í Mývatnssveit sumarið 2000. Þar var þó eingöngu spurt um hvort viðkomandi tækju jákvæða eða neikvæða afstöðu til fræðslumiðstöðvar, baðlóns og útsýnispalls, þjónustu er tengst getur jarðvarmavirkjunum. Niðurstaðan var sú að 92-96% þeirra innlendu ferðamanna í Mývatnssveit sem afstöðu tóku voru jákvæðir til þessara mannvirkja, 75% útlendinga töldu útsýnispall jákvæðan en 91-94% þeirra voru jákvæðir til baðlóns og fræðslumiðstöðvar. Þannig má segja að allgott samræmi sé milli svara þátttakenda Mývatnskönnuninni og Nesjavallakönnuninni.<sup>14</sup>

Þegar afstaða Íslendinga í Nesjavallakönnuninni er skoðuð eftir kynferði og aldri kemur í ljós að konur eru oftast fylgjandi meiri þjónustu en karlar og fólk eldra en 55 ára fremur en aðrir aldurshópar.

**9. tafla Afstaða Íslendinga til þjónustu sem tengst getur jarðvarmavirkjunum - mjög eða fremur mikilvægt**

	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
%					
Gönguleiðamerkingar	91	100	85	93	100
Útsýnispallur	94	92	93	91	100
Fræðslumiðstöð	89	96	93	90	100
Ferðir með leiðsögn	83	92	88	84	94
Baðlón	85	87	84	85	94
Veitingar	80	79	84	75	87
Gisting	62	63	70	55	69

### 3.6 Skoðun á fullyrðingum

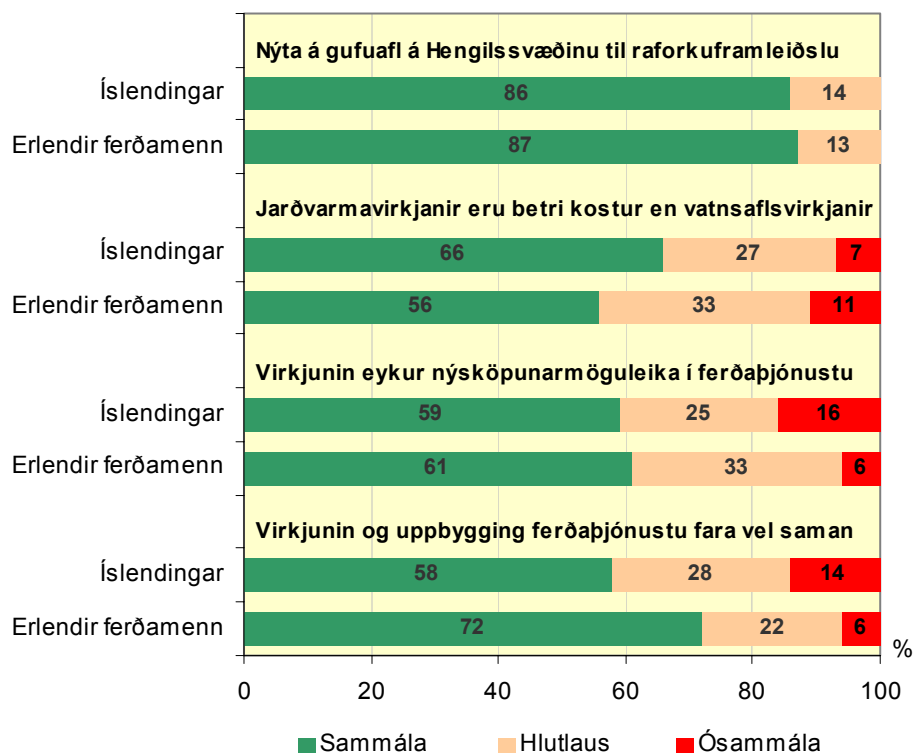
Í könnuninni voru settar fram eftirtaldar fullyrðingar sem svarendur áttu að taka afstöðu til eða lýsa yfir hlutleysi:

- „Virkjun á Hellisheiði eykur möguleika á nýsköpun í ferðaþjónustu.“
- „Virkjun á Hellisheiði og uppbygging ferðaþjónustu í nágrenninu fara vel saman.“
- „Jarðvarmavirkjanir eru betri kostur en vatnsaflsvirkjanir.“
- „Það er rétt að nýta gufuafl á Hengilssvæðinu til raforkuframleiðslu.“

<sup>14</sup>. Sjá einnig niðurstöður úr könnuninni meðal fólks á höfuðborgarsvæðinu, 32. mynd, kafla 4.8, þar sem 85-88% töldu þessi þjónustumannvirki mjög eða fremur mikilvæg.

86-87% þeirra sem afstöðu tóku voru sammála því að nýta ætti gufuaflíð á Hellisheiði til raforkuframleiðslu og enginn var því ósammála. 56-72% svarenda voru sammála öðrum fullyrðingum. Þannig voru um tveir þriðju hlutar Íslendinga sammála því að jarðvarmavirkjanir væru betri kostur en vatnsaflsvirkjanir en 7% voru því ósammála.

## 20. mynd

Afstaða til fullyrðinga <sup>15</sup>

Áður hefur verið minnst á rannsóknir RRF meðal erlendra og innlendra gesta í Mývatnssveit vegna áforma um stækkun Kröfluvirkjunar og nýja jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi. Þar var einnig sett fram fullyrðing um samanburð jarðvarma- og vatnsaflavirkjana, en með öfugum formerkjum miðað við það sem hér var gert. Þar var orðanna hljóðan á þessa leið:

- „Jarðvarmavirkjanir eru verri kostur en vatnsaflsvirkjanir.“

Af þeim sem tóku afstöðu til spurningarinnar voru einungis 6% Íslendinga sammála henni og 21% erlendra ferðamanna (þar voru þeir hlutlausu ekki teknir með, en þeir voru um 35% svarenda).

Þessi niðurstaða er í góðu samræmi við hlutfall þeirra sem eru ósammála fullyrðingunni hér að ofan um að jarðvarmavirkjanir séu betri kostur en vatnsaflsvirkjanir. Sambærileg niðurstaða fæst einnig úr sömu spurningu í

15. 5-10% töldu sig ekki geta tekið afstöðu til fullyrðinganna og merktu við „veit ekki.“

könnuninni meðal fólks á höfuðborgarsvæðinu, þar sem 56% voru sammála en 9% ósammála því að jarðgufuvirkjanir séu betri kostur en vatnsaflavirkjanir (35. mynd, kafla 4.10). Miðað við niðurstöður þessara þriggja rannsókna njóta jarðvarma-virkjanir margfalt meira fylgis en vatnsaflsvirkjanir meðal Íslendinga jafnt sem erlendra ferðamanna.

Íslenskir karlar voru frekar sammála því en konurnar að virkjun á Hellisheiði yki nýsköpunarmöguleika í ferðaþjónustu og að hún og uppbygging ferðaþjónustu færu vel saman. Fylgni við fullyrðingarnar jókst í öllum tilvikum með hækkandi aldri svarenda.

**10. tafla** **Íslendingar - sammála fullyrðingum**

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Það er rétt að nýta gufuafli á Hengils-svæðinu til raforkuframleiðslu	88	84	78	88	100
Jarðvarmavirkjanir eru betri kostur en vatnsaflsvirkjanir.	64	68	61	65	76
Virkjun á Hellisheiði eykur möguleika á nýsköpun í ferðaþjónustu	63	53	52	62	65
Virkjun á Hellisheiði og uppbygging ferðaþjónustu í nágr. fara vel saman	64	50	51	61	65

### 3.7 Álit á starfsemi fræðslumiðstöðvar

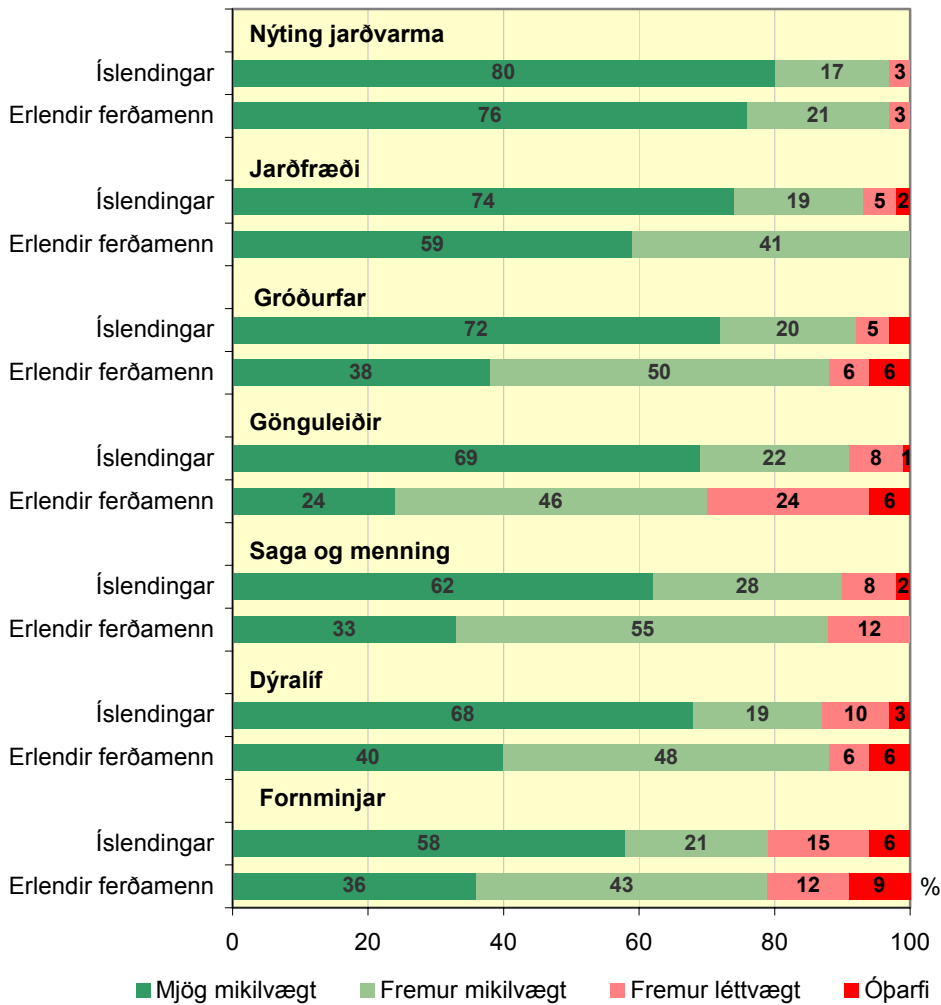
Spurt var: „Ef fræðslumiðstöð rís í tengslum við virkjun á Hellisheiði til að kynna svæðið (Hellisheiði og Hengilinn) – á hvað ber að leggja áherslu í fræðslunni?“

Nær allir sem afstöðu tóku töldu mikilvægt að fræða gesti um nýtingu jarðvarma og jarðfræði svæðisins. 87-92% töldu mikilvægt að fræða um gróðurfar, gönguleiðir, sögu/menningu og dýralíf – með þeirri undantekningu að nær þriðjungur erlendra ferðamanna töldu ekki brýnt að kynna gönguleiðir. 79% beggja hópa álitu æskilegt að kynna gestum fornminjar á svæðinu.

Niðurstaða þátttakenda er því sú að rétt sé að kynna alla þessa þætti og samspil þeirra í fræðslumiðstöðinni, þó kjarni fræðslunnar ætti að snúast um nýtingu jarðvarma og jarðsögu svæðisins.

**21. mynd**

**Fræðslumiðstöð við Hellisheiðarvirkjun**  
- álit á mögulegum áherslupáttum fræðslunnar <sup>16</sup>



Íslenskar konur voru í öllum tilvikum jákvæðari til fræðslumöguleikanna en karlar en ekki var verulegur munur eftir aldurshópum hvað það varðar. Þó hefur fólk yfir 55 ára talsvert meiri áhuga á að veitt verði fræðsla um fornminjar á svæðinu en þeir sem yngri eru.

<sup>16</sup>. Einungis 1-3% þátttakenda tóku ekki afstöðu til einstakra fræðslumöguleika.



**11. tafla** Íslendingar - eftir kyni og aldurshópum  
Fræðslumiðstöð, álit á mögulegum áhersluþáttum fræðslunnar  
- mjög eða fremur mikilvægt

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Nýting jarðvarma	95	98	100	93	100
Jarðfræði	91	96	93	91	100
Gróðurfar	89	96	90	93	94
Gönguleiðir	85	100	95	86	100
Saga og menning	89	90	88	92	87
Dýralíf	88	87	88	88	81
Fornminjar	77	81	77	78	87

### 3.8 Farið um framkvæmdasvæði Hellisheiðarvirkjunar á liðnu ári

Íslendingar sem þátt tóku í könnuninni voru spurðir hvort þeir hefðu farið um fyrirhugað framkvæmdasvæði virkjunarinnar á síðastliðnum 12 mánuðum. Til viðmiðunar fengu þeir í hendur loftmynd af svæðinu þar sem framkvæmdasvæðið var skástrikað til glöggvunar (sjá kort í viðauka) þar sem Kolviðarhóll er í jafri svæðisins og skálar íþróttafélaganna innan þess.

Um 39% töldu sig hafa farið eitthvað um svæðið, nægir að hafa ekið þar um, á síðustu 12 mánuðum, 48% karla og 29% kvenna. Virðist þetta býsna hátt hlutfall en þá ber þess að geta að hér er um að ræða fólk sem er að ferðast um svæðið (hér: Nesjavelli) og þekkir það líklega betur en almennt gerist.

Um fjórðungur þeirra nefndi að þeir hefðu notið útivistar með því að ganga um svæðið og svipað margir að þeir hefðu stundað skíði eða aðra vetrarafþreyingu. Margir nefndu einnig að þeir hefðu komið á svæðið til að skoða það og aka um.

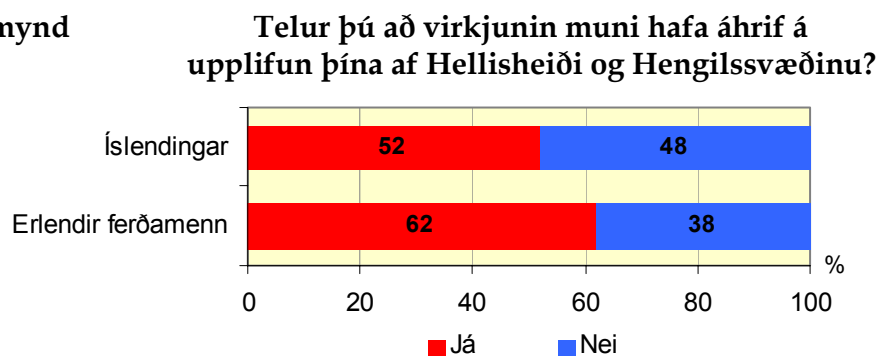
### 3.9 Áhrif virkjunar á upplifun og heimsóknartíðni

#### Áhrif á upplifun

Um 37% þátttakenda, 35% Íslendinga og 41% erlendra gesta treystu sér ekki til að meta hvort fyrirhuguð Hellisheiðarvirkjun hefði áhrif á upplifun þeirra af Hellisheiði og Hengilssvæðinu.

Rúmlega helmingur Íslendinga sem afstöðu tóku og nær tveir þriðju erlendra ferðamanna töldu að virkjunin myndi hafa áhrif á upplifun þeirra.

#### 22. mynd



Af þeim sem tilgreindu hvaða áhrif þeir teldu að virkjunin hefði á þá nefndu um tveir þriðju jákvæð áhrif. Margir tilgreindu ekki í hverju þau væru fólgin en sumir nefndu að þá yrði meira að sjá og gera á svæðinu. Ýmsir virtust gefa sér að aukin tækifæri til útivistar myndi skapast með tilkomu virkjunarinnar og að hún tengdist því uppbyggingu ferðaþjónustu á einhvern hátt. Má telja það eðlilegt þar sem núverandi jarðvarmavirkjanir og svæðin í nágrenni þeirra, einkum í Svartsengi en einnig á Nesjavöllum og í minna mæli við Kröflu bjóða upp á þjónustu við ferðamenn.

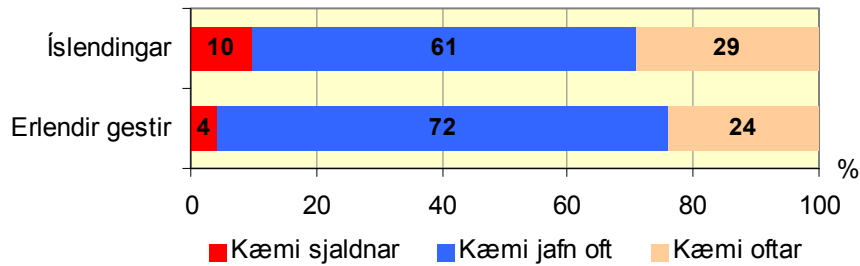
Þeir sem nefndu neikvæð áhrif af virkjun nefndu flestir að hún raskaði náttúruupplifun og umhverfi eða ylli sjónmengun.

#### Áhrif á tíðni heimsókna

Um 23% þátttakenda, 21% Íslendinga og 29% erlendra gesta treystu sér ekki til að meta hvaða áhrif fyrirhuguð Hellisheiðarvirkjun hefði á tíðni heimsókna þeirra á svæðið.

Af þeim sem afstöðu tóku töldu flestir að virkjunin hefði engin áhrif á komur þeirra. 24-29% töldu hins vegar að hún hefði þau áhrif að þeir kæmu oftár á svæði en 4-10% töldu að þeir kæmu sjaldnar ef að virkjun yrði. Samkvæmt því yrðu áhrif virkjunar sú að gestum myndi fjölga talsvert á svæðinu.

**23. mynd Hvaða áhrif telur þú að virkjunin muni hafa á tíðni heimsóknna þinna á Hellisheiði og Hengilssvæðið?**

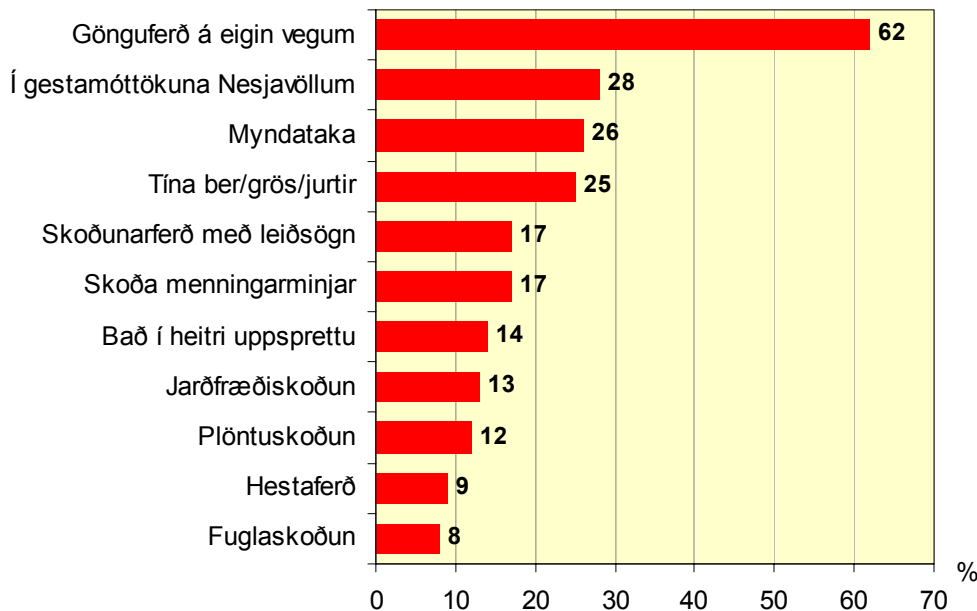


Þegar líkleg áhrif af virkjun eru skoðuð með tilliti til kyns og aldurshópa Íslendinga þá töldu 30% karla að þeir kæmu oftar ef að virkjun yrði en 25% kvenna. 46% fólks eldra en 55 ára taldi að það kæmi oftar á svæðið ef að virkjun yrði en 23-27% svarenda í öðrum aldurshópum.

**3.10 Afþreying í ferðinni – Íslendingar**

Íslendingar voru spurðir að því hvaða afþreyingu þeir hefðu stundað á Hellisheiði eða Hengilssvæðinu í ferðinni, eða ætluðu sér að gera. Flestir fóru í gönguferðir, nutu þjónustu gestamóttökunnar á Nesjavöllum, tóku myndir og tíndu ber (enda fór könnunin að verulegu leyti fram á berjatímanum).

**24. mynd Afþreying Íslendinga á Hellisheiði/Hengilssvæðinu í ferðinni <sup>17</sup>**



<sup>17</sup>. Útilokað má telja að 14% þátttakenda hafi í raun farið í bað í heitri uppsprettu á svæðinu. Setja má fram þá tilgátu að sumir hafi túlkað það sem svo að böð í heitum pottum við sumarhús eða annars staðar á því svæði sem kortið í könnuninni nær yfir væru meðtalin.

Konur fóru mun fremar í berjamó en karlar eða skoðuðu plöntur. Eldra fólkid fór fremur í gönguferðir en það yngra en sem fór heldur í böð og á hestbak.

**12. tafla** Afþreying Íslendinga á svæðinu í ferðinni  
- eftir kyni og aldurshópum

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Gönguferð á eigin vegum	58	67	57	61	79
Í gestamóttökuna á Nesjavöllum	34	20	27	29	29
Myndataka	26	27	36	20	14
Tína ber/grös/jurtir	16	38	23	27	29
Skoðunarferð með leiðsögn	21	11	18	14	21
Skoða menningarminjar	16	18	23	12	14
Bað í heitri uppsprettu	13	16	18	12	7
Jarðfræðiskoðun	11	16	11	14	14
Plöntuskoðun	8	18	16	10	7
Hestaferð	8	11	14	8	0
Fuglaskoðun	10	7	14	4	7

### 3.11 Viðkomustaðir í ferðinni

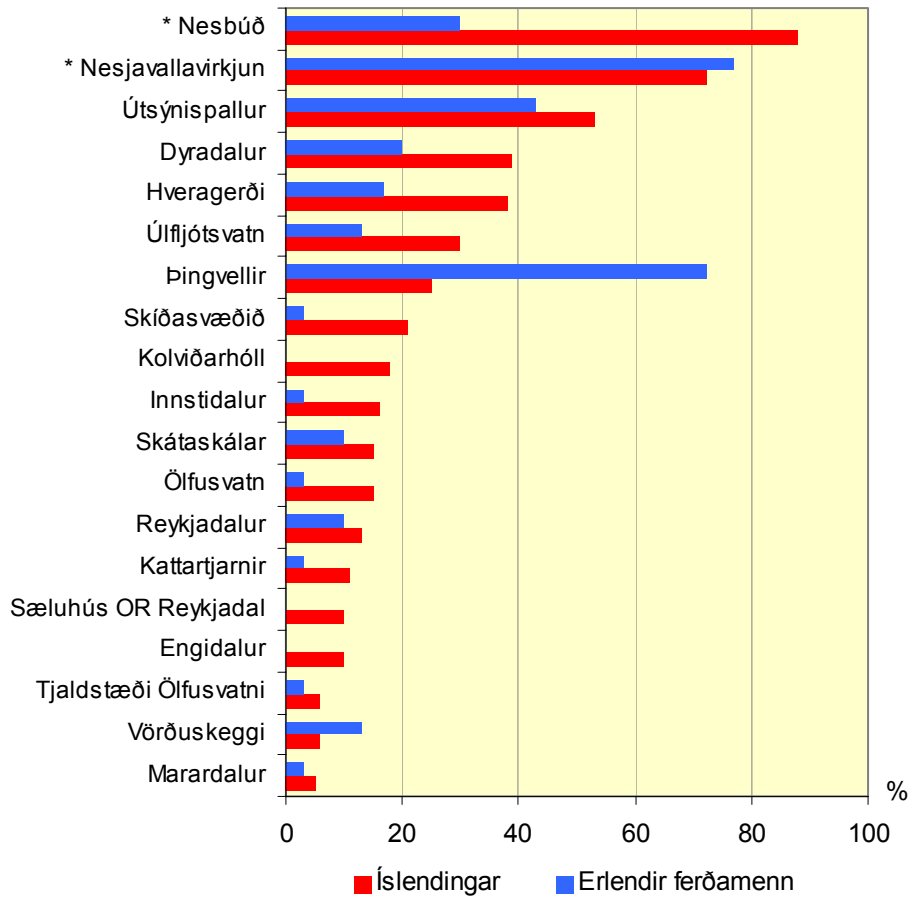
Þar sem könnunin var að mestu framkvæmd í Nesbúð og í gestamóttökunni að Nesjavöllum þá komu flestir á þessa staði. Erlendir gestir komu þó mun síður í Nesbúð en Íslendingar.

Það vekur athygli að 72% erlendra gesta á Nesjavöllum fóru einnig að Þingvöllum í ferðinni en einungis 25% Íslendinga.<sup>18</sup> Á nær alla staði aðra sem spurt var um fóru Íslendingar í meira mæli en erlendu þátttakendurnir.

<sup>18</sup>. Hvað erlenda gesti áhrærir kemur þessi niðurstaða vel heim og saman við könnunina Dear Visitors 2001 þar sem 79% af gestum sem heimsóttu Nesjavelli sumarið 2001 komu einnig að Þingvöllum í ferðinni (sjá kafla 6.0)

24. mynd

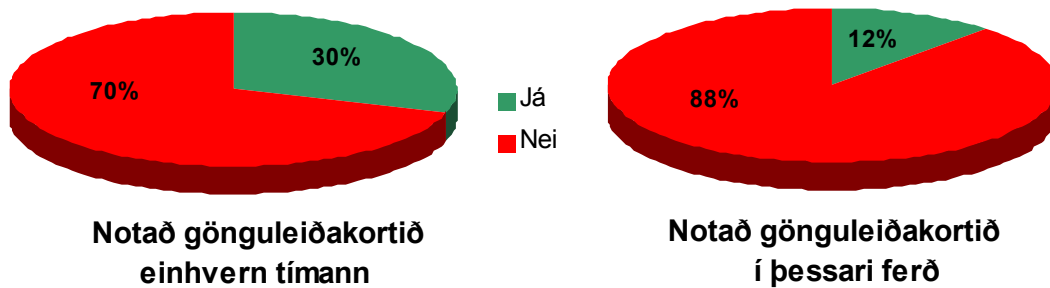
Viðkomustaðir í ferðinni <sup>19</sup>



### 3.12 Göngukortið um Hengilssvæðið

Um 30% Íslendinga í könnuninni höfðu einhvern tímann notað göngukortið „Gönguleiðir á Hengilssvæðinu“ og 12% nýttu sér kortið í þessari ferð.

25. mynd Notað gönguleiðakortið um Hengilssvæðið - Íslendingar



<sup>19</sup>. Nesjavellir og Nesbúð eru stjórnumerktir á myndinni því þar var könnunin framkvæmd. Útsýnis-pallurinn og Dyradalur eru síðan í næsta nágrenni og því eðlilegt að margir hafi komið þangað.



Enginn munur var á nýtingu kynjanna á göngukortinu. Hins vegar nýttu 19% þeirra sem voru 16-35 ára sér kortið í þessari ferð, 9% fólks 36-55 ára en einungis 6% þeirra sem eldri voru.

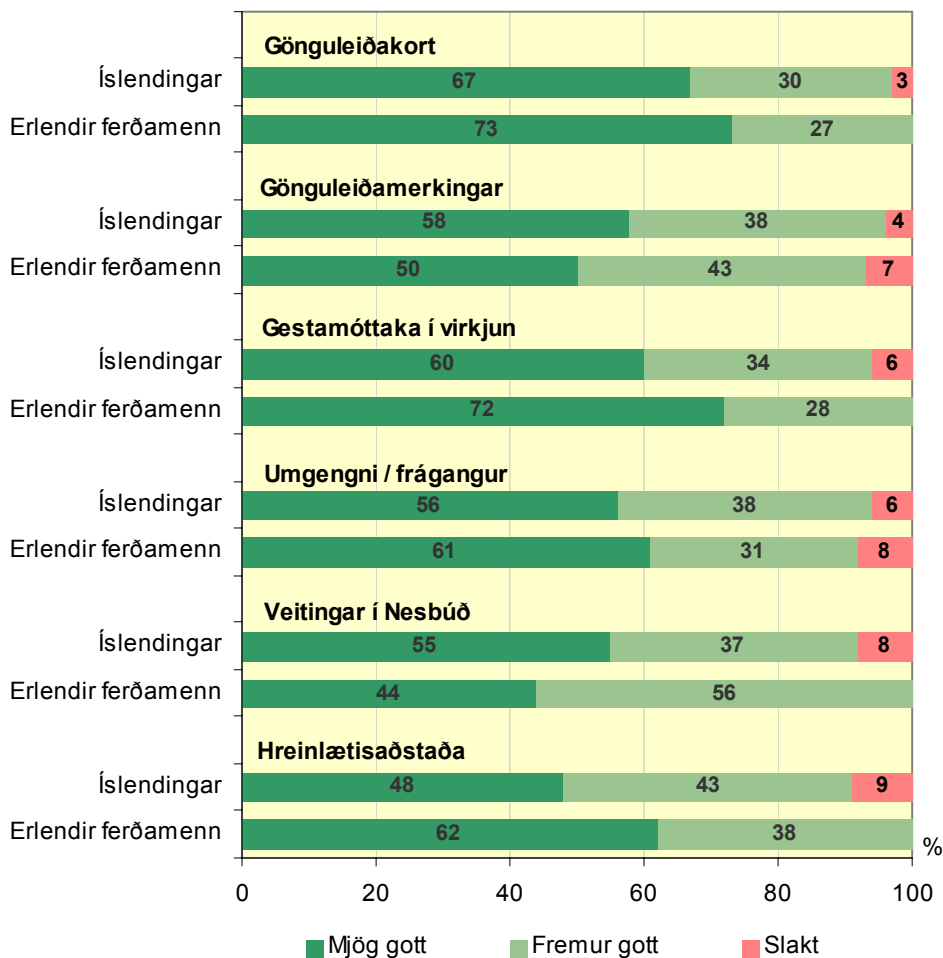
### 3.13 Álit á ferðaþjónustu á Nesjavöllum

Spurt var um álit þátttakenda á þjónustu við ferðamenn á Nesjavöllum. Almennt var fólk mjög eða fremur ánægt með þá þjónustu og aðstöðu sem í boði er. Ýmsir þekktu þó ekki til einstakra þjónustubátta. Þannig tóku 11-35% Íslendinga ekki afstöðu í einstökum tilvikum. Algengast var að þeir þekktu ekki gönguleiðakortið eða þjónustuna í gestamóttökunni en fæstir sögðu þegar spurt var um umgengni og frágang.

Um 70% erlendra gesta þekktu ekki til veitinganna í Nesbúð og rúmlega helmingur gat ekki dæmt um gönguleiðakortið (þó þeir fengju að sjá það) eða gönguleiðamerkingar. Þriðjungur gat ekki dæmt um hreinlætisaðstöðuna og 17-19% höfðu ekki skoðun á þjónustu gestamóttökunnar eða umgengni og frágangi á svæðinu.

#### 26. mynd

#### Álit á þjónustu við ferðamenn á Nesjavöllum



### **3.14 Þjónusta sem vantar á Nesjavöllum**

Flestir sem komu með ábendingar um bættu þjónustu á Nesjavöllum (15% þátttakenda) nefndu að þar vantaði baðaðstöðu, þ.e. baðlón eða sundlaug. Nokkrir nefndu að upplýsingar um þjónustuna væri af skornum skammti og að það þyrfti að vera skipulögð leiðsögn um svæðið, einnig utandyra og að ráða ætti landvörð til að sjá um þá fræðslu. Einnig var nefnt að bjóða þyrfti fólki að komast í nálægð við borholu til að skynja kraftinn úr iðrum jarðar. Einnig var nefnt að koma þyrfti upp golfvelli, bæta hreinlætisaðstöðuna og koma upp sjálfsafgreiðslu í veitingasölunni.

## 4.0 Könnun á höfuðborgarsvæðinu

### 4.1 Framkvæmd

Næst mun fjallað um vettvangskönnun sem framkvæmd var meðal fólks á fjölsóttum stöðum á höfuðborgarsvæðinu, s.s. í verslunarmiðstöðvum, kaffihúsum, sundlaugum og víðar. Könnunin fór að mestu fram á tímabilinu nóvember 2001 til febrúar 2002. Auk þess var náð til um 100 svarenda í maí 2002. Markmiðið með könnuninni var að kanna hug íbúa á höfuðborgarsvæðinu til jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði, hvernig þeir nýta svæðið og hvernig þeir meta mikilvægi svæðisins til útivistar og afþreyingar í samburði við önnur útivistarsvæði í nágrenni Reykjavíkur. Tóku 691 manns þátt í könnuninni.

### 4.2 Kyn, aldur, búseta og menntun

52% þátttakendanna voru karlar en 48% konur. 41% voru á aldrinum 16-35 ára, 38% voru 36-55 ára og 21% eldri en 55 ára. Þannig vantar nokkuð upp á að hlutfall svarenda í elsta aldurshópnum nái landsmeðaltali. Það á sér m.a. þær skýringar að eldra fólk fer minna út en það yngra og á oft á tíðum síður heimangengt.

Um 95% þátttakenda bjuggu í Reykjavík eða á Reykjanesi en um 5% á landsbyggðinni, þar af 3% á Suðurlandi og Vesturlandi.

46% voru með meira en 4 ára menntun að loknum grunnskóla en 54% með skemmri menntun að baki.

### 4.3 Gildi útivistarsvæða í nágrenni Reykjavíkur

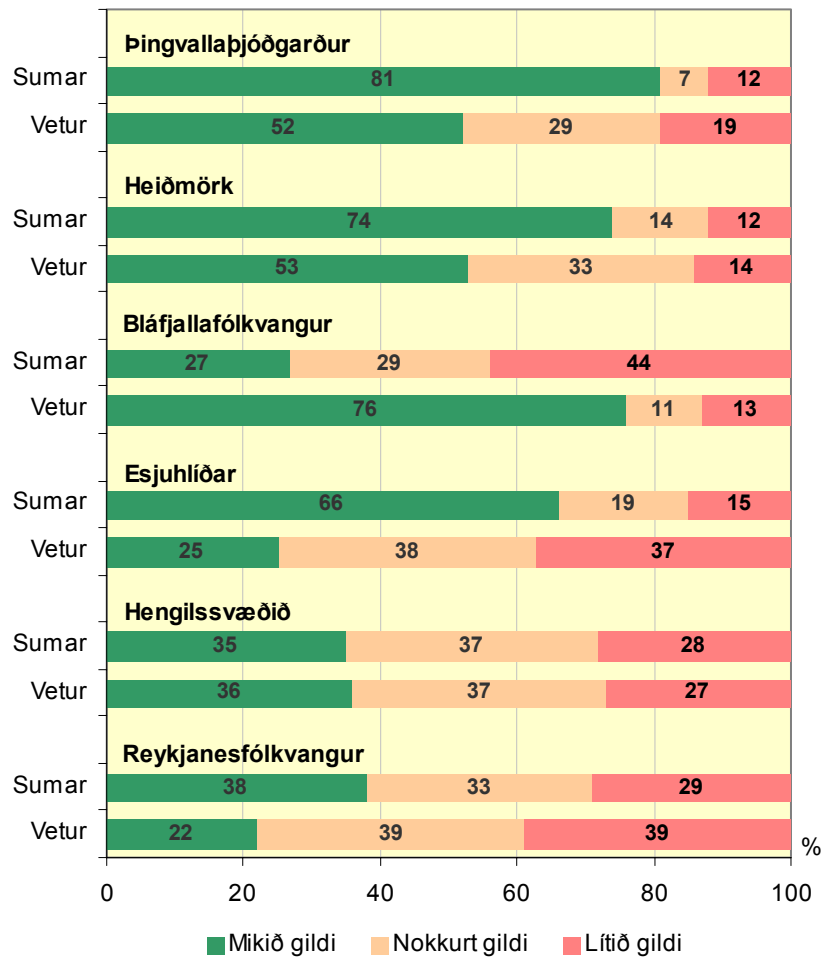
Spurt var: „Hver af eftirfarandi útivistarsvæðum í nágrenni Reykjavíkur telur þú hafa mest gildi fyrir útivist og ferðaþjónustu, annars vegar að sumarlagi og hins vegar að vetri?“

Eftirtalin útivistarsvæði voru nefnd: Bláfjallafólkvangur, Esjuhlíðar, Heiðmörk, Hengilssvæðið, Reykjanesfólkvangur og Þingvallarþjóðgarður. Voru viðkomandi beðnir að meta hvort svæðið hefði mikið gildi, nokkurt gildi og lítið gildi fyrir ferðaþjónustu og útivist. Tilgangurinn með spurningunni er að meta stöðu Hengilssvæðisins gagnvart öðrum helstu útivistarsvæðum í nágrenni Reykjavíkur, eða m.ö.o. kanna samkeppnisstöðu svæðisins um hylli viðskiptavina.<sup>20</sup>

<sup>20</sup>. Í könnun Þóru Ellenar Þórhallsdóttur, þar sem spurningalistar voru sendir til staðkunnugra, eru þessi svæði, nema Esjuhlíðar, borin saman m.t.t. landslagsgildis. Er áhugavert að skoða þær niðurstöður og bera saman við álit almennings á gildi svæðanna fyrir útivist og ferðaþjónustu. Heimild: Þóra Ellen Þórhallsdóttir, „Gildi landslags á Hengilssvæðinu, einkum á þeim svæðum sem til greina koma vegna orkuvinnslu.“ Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 61, unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur, Reykjavík 2002.

Niðurstöðurnar eru athyglisverðar. Þannig er Bláfjallafólkvangur talinn hafa minnst gildi þessara svæða að sumri en mest gildi þeirra allra að vetri. Þingvallabjóðgarður en síðan Heiðmörk og Esjuhlíðar eru talin hafa mest gildi fyrir ferðaþjónustu og útivist að sumri til og Heiðmörk og Þingvellir teljast einnig hafa mikið gildi að vetrarlagi, á eftir Bláfjöllum. Hengilssvæðið er eina svæðið sem talið er hafa svipað gildi til útivistar og ferðaþjónustu að sumri og vetri, sem verður að teljast verulegur styrkur m.t.t. til framtíðaruppbyggingar í þjónustu við ferðamenn og útivistarfólk. Hvað önnur svæði varðar er gildi þeirra talið minna að vetri en sumri nema í Bláfjöllum, eins og áður er getið. Rúmlega fjórðungur telja Hengilssvæðið hafa lítið gildi jafnt sumar sem vetur.

27. mynd Gildi útivistarsvæða í nágrenni Reykjavíkur fyrir útivist og ferðaþjónustu



Sé útivistarsvæðunum raðað í mikilvægisröð samkvæmt þessum niðurstöðum kemur í ljós, þegar sumar og vetur eru vegin að jöfnu, að Þingvallabjóðgarður og Heiðmörk dæmast hafa mest gildi, því næst Bláfjallafólkvangur en síðan koma Esjuhlíðar, Hengilssvæðið og Reykjanesfólkvangur á svipuðu róli.

**13. tafla Mikilvægi útvistarsvæða í nágrenni Reykjavíkur fyrir útvist og ferðþjónustu**

	<b>Mikilvægisröð</b>		
	Sumar	Vetur	Allt árið
Þingvallabjórðgarður	1	3	<b>1-2</b>
Heiðmörk	2	2	<b>1-2</b>
Bláfjallafólkvangur	6	1	<b>3</b>
Esjuhlíðar	3	5	<b>4</b>
Hengilssvæðið	4-5	4	<b>5</b>
Reykjanesfólkvangur	4-5	6	<b>6</b>

Nokkur munur er á afstöðu karla og kvenna til gildis svæðanna. Þannig telja konur Hengilssvæðið talsvert meira virði en karlar, einkum að vetrarlagi (15. tafla).

**14. tafla Gildi útvistarsvæða í nágrenni Reykjavíkur fyrir útvist og ferðþjónustu að sumri - eftir kyni**

<b>SUMAR</b> %	<b>Karlar</b>			<b>Konur</b>		
	Mikið gildi	Nokkuð gildi	Lítið gildi	Mikið gildi	Nokkuð gildi	Lítið gildi
Þingvallabjórðgarður	82	6	12	79	8	12
Heiðmörk	74	15	11	74	14	12
Bláfjallafólkvangur	25	27	48	28	32	40
Esjuhlíðar	65	21	14	67	17	16
Hengilssvæðið	32	36	32	37	39	24
Reykjanesfólkvangur	38	33	29	37	33	30

**15. tafla Gildi útvistarsvæða í nágrenni Reykjavíkur fyrir útvist og ferðþjónustu að vetri - eftir kyni**

<b>VETUR</b> %	<b>Karlar</b>			<b>Konur</b>		
	Mikið gildi	Nokkuð gildi	Lítið gildi	Mikið gildi	Nokkuð gildi	Lítið gildi
Þingvallabjórðgarður	53	26	21	50	32	18
Heiðmörk	50	35	15	56	31	13
Bláfjallafólkvangur	74	12	14	79	9	12
Esjuhlíðar	24	36	40	26	41	33
Hengilssvæðið	32	25	33	39	39	11
Reykjanesfólkvangur	21	37	42	23	41	36



Talsverður munur er á afstöðu fólks til gildis svæðanna eftir aldri. Þannig telur fólk yfir 55 ára að Hengilssvæðið hafi meira gildi fyrir útivist og ferðapjónustu að sumri en vetri en þeir sem eru 16-35 ára, telja því öfugt farið og telja svæðið hafa meira gildi að vetrarlagi. Markast sú afstaða ugglaut af mismunandi nýtingu þessara hópa á svæðinu eftir árstíðum.

**16. tafla** Gildi útivistarsvæða í nágrenni Reykjavíkur fyrir útivist og ferðapjónustu að sumri - eftir aldurshópum

SUMAR %	16-35 ára			36-55 ára			> 55 ára		
	Mikið gildi	Nokkuð gildi	Lítið gildi	Mikið gildi	Nokkuð gildi	Lítið gildi	Mikið gildi	Nokkuð gildi	Lítið gildi
Þingvallapjóðgarður	81	5	14	81	8	11	75	14	11
Heiðmörk	71	15	14	80	11	9	71	18	11
Bláfjallafólkvangur	27	30	43	23	30	47	33	26	41
Esjuhlíðar	64	19	17	71	17	12	51	29	20
Hengilssvæðið	31	43	26	36	32	32	45	32	23
Reykjanesfólkvangur	34	36	30	39	34	27	50	14	36

**17. tafla** Gildi útivistarsvæða í nágrenni Reykjavíkur fyrir útivist og ferðapjónustu að vetri - eftir aldurshópum

VETUR %	16-35 ára			36-55 ára			> 55 ára		
	Mikið gildi	Nokkuð gildi	Lítið gildi	Mikið gildi	Nokkuð gildi	Lítið gildi	Mikið gildi	Nokkuð gildi	Lítið gildi
Þingvallapjóðgarður	57	24	19	47	35	18	41	38	21
Heiðmörk	48	36	16	58	30	12	62	32	6
Bláfjallafólkvangur	74	9	17	81	12	7	81	7	12
Esjuhlíðar	26	41	33	24	33	43	23	42	35
Hengilssvæðið	41	32	27	28	43	29	30	47	23
Reykjanesfólkvangur	24	39	37	17	43	40	32	29	39

#### 4.4 Tegund útivistar og afþreyingar á svæðinu

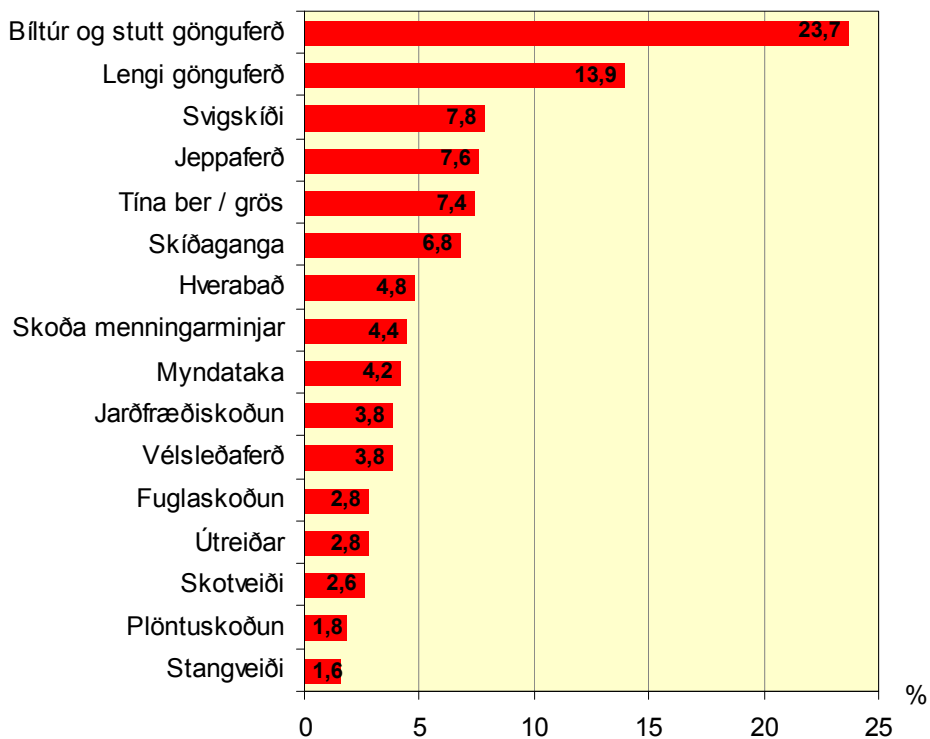
Um 36% aðspurðra höfðu stundað einhverja útivist á Helligheiði eða Hengilssvæðinu á síðastliðnu ári. Er þetta umtalsvert hærra hlutfall en meðal íbúa á SV-horninu í símakönnun (24%). Telst símakönnunin ábyggilegri. Því verður hér ekki unnið jafn nákvæmlega úr upplýsingum um afþreyingu og heimsóttu staði á svæðinu og í úrvinnslu símakönnunar. Um 43% þeirra sem eru 36-55 ára höfðu stundað einhverja útivist á svæðinu, 38% þeirra sem eru eldri en 55 ára og 31% fólks á aldrinum 18-35 ára.

Þeir sem á annað borð stunduðu afþreyingu á svæðinu gerðu það að jafnaði í 3,1 skipti á liðnu ári, þar af 1,7 skipti að sumri til (júní – sept.) og 1,4 skipti utan sumars (okt. - maí). 29% stunduðu einhverja afþreyingu á svæðinu að sumri, að jafnaði í 2,4 skipti, en 24% utan þess tíma í að jafnaði 2,2 skipti. 17% stunduðu því afþreyingu á svæðinu bæði sumar og vetur.

Það er í góðu samræmi við símakönnunina að hlutfallslega flestir fóru í stuttar gönguferðir sem lið í ökuferð um svæðið og næstflestir fóru í lengri gönguferðir um svæðið. 7-8% fóru síðan á gönguskíði, svigskíði, í jeppaferð eða í berjamó. Fæstir stunduðu plöntuskoðun eða stangveiði (Þingvallavatn og/ eða Úlfjótavatn).

## 28. mynd

### Afþreying og útivist þátttakenda, á Hengilssvæðinu og á Hellisheiði á liðnu ári

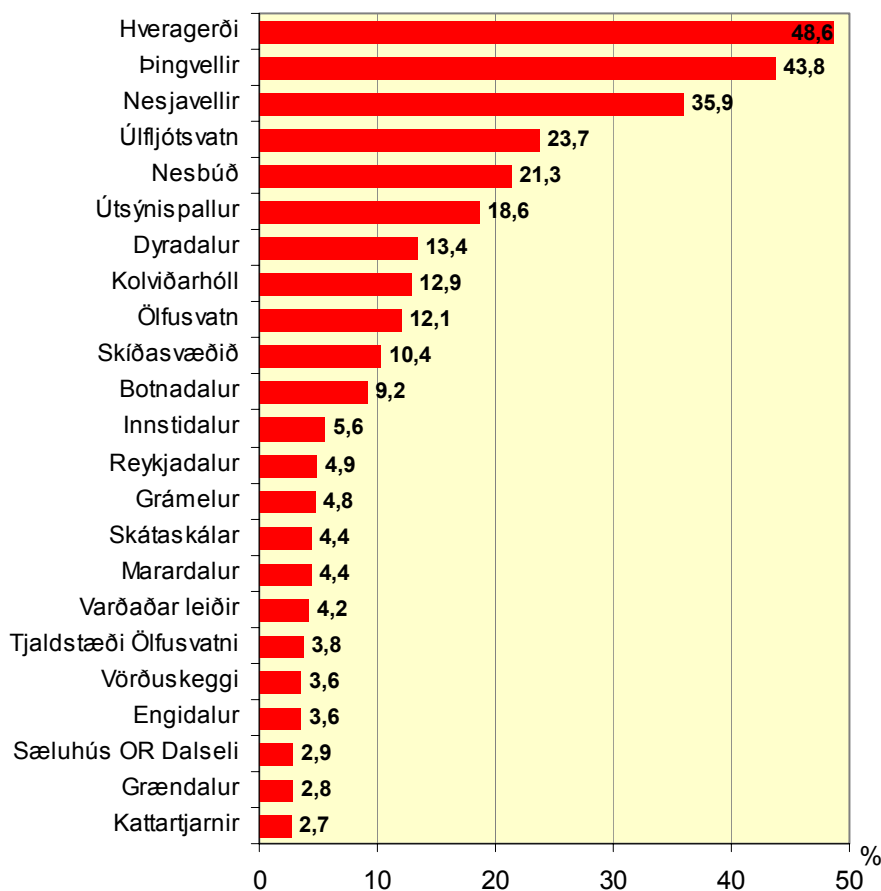


## 4.5 Viðkomustaðir á svæðinu á liðnu ári

Flestir aðspurðra höfðu heimsótt Þingvelli og Hveragerði á liðnu ári og liðlega þriðjungur hafði komið að Nesjavöllum. Þá höfðu 19-24% komið að útsýnispallinum ofan við Nesjavelli, að Nesbúð eða að Úlfjótavatni og 9-13% í Botnadal, skíðasvæði íþróttafélaganna, að Ölfusvatni, Kolviðarhóli og í Dyradal. Af þeim stöðum sem liggja utan vegasambands að mestu leyti höfðu flestir komið í Innstadal og Reykjadal en fæstir að sæluhúsi Orkuveitunnar í Dalseli ofan Reykjadals, í Grændal og að Kattartjörnum.

29. mynd

Viðkomustaðir þátttakenda  
á Hengilssvæðinu og á Helligsheiði á liðnu ári

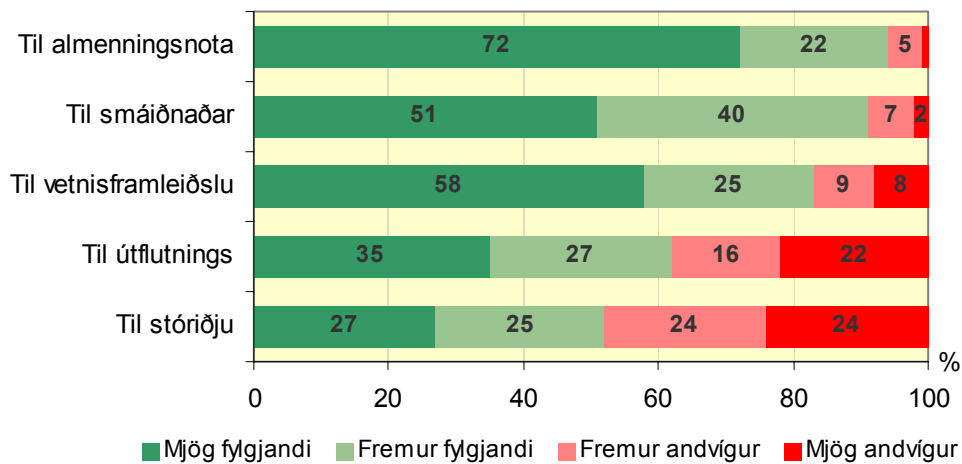


4.6 Nýtingarkostir raforku frá jarðvarmavirkjunum

Eins og í Nesjavallakönnunin var spurt um álit þátttakenda á því hvernig þeir teldu best að nýta raforku frá jarðvarmavirkjunum. 7-26% tóku ekki afstöðu til einstakra nýtingarmöguleika raforkunnar, flestir voru óákveðnir til útflutnings raforku um sæstreng en fæstir þegar spurt var um raforku til almenningsnota.

Mjög gott samræmi er í niðurstöðum hér og meðal svarenda á Nesjavöllum (sjá 17. mynd). Þannig voru nær allir fylgjandi því að jarðvarmavirkjanir framleiddu rafmagn til almenningsnota og jafnframt er mikill stuðningur við að framleiða rafmagn til smáíðnaðar og vetnisframleiðslu. Um 38% eru hins vegar fremur eða mjög andvígir því að framleiða raforku til útflutnings um sæstreng og 48% leggjast gegn því að jarðgufuvirkjanir framleiði rafmagn fyrir stóriðju.

### 30. mynd Álit á nýtingarmöguleikum raforku frá jarðvarmavirkjunum



Sé afstaða svarenda skoðuð nánar m.t.t. kynferðis og aldurs kemur í ljós að konur eru síður á því að nýta raforkuna til stóriðju en karlar. Eldra fólk er hlynntara raforkuframleiðslu til vetnisframleiðslu en það yngra.

### 18. tafla Álit Íslendinga á nýtingu raforku frá jarðvarmavirkjunum - mjög eða fremur fylgjandi

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Til almenningsnota	94	95	91	98	100
Til smáiðnaðar	91	90	85	95	100
Til vetnisframleiðslu	88	77	80	84	100
Til útflutnings um sæstreng	60	65	70	52	61
Til stóriðju	64	38	52	52	37

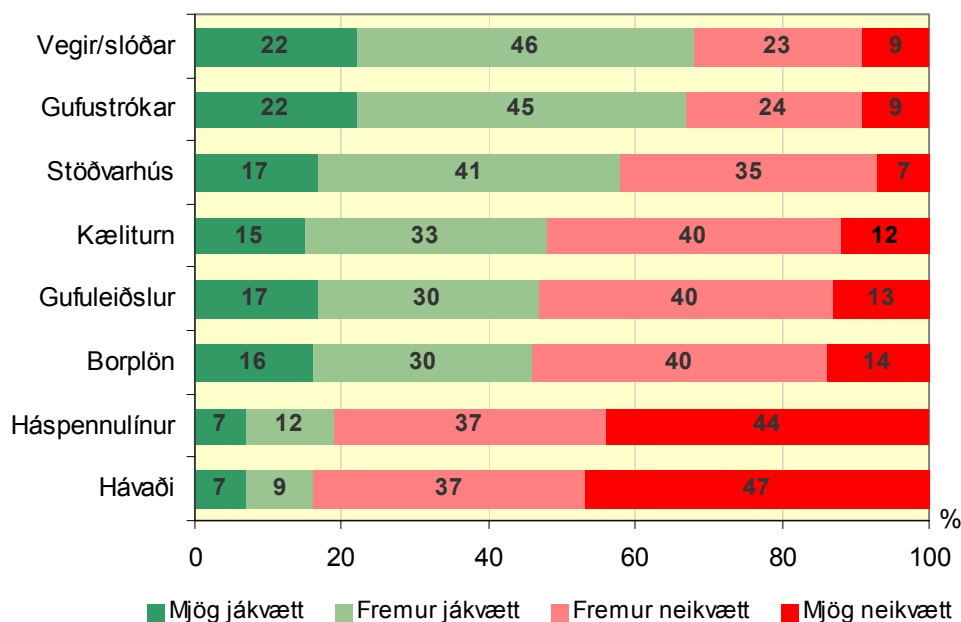
## 4.7 Álit á þáttum er tengjast eða geta tengst jarðvarmavirkjunum

Eins og í Nesjavallakönnuninni var spurt um álit þátttakenda á mannvirkjum sem tengjast eða geta tengst jarðvarmavirkjunum. Annars vegar var spurt um eftirtalda þætti og mannvirki sem ávallt fylgja jarðvarmavirkjunum: borplön, gufuleiðslur, hávaða, gufustróka, stöðvarhús og kæliturn. Hins vegar var spurt um álit á eftirtalinni þjónustu sem tengst getur virkjunum: baðlón/sundlaug, fræðslumiðstöð, gönguleiðamerkingar, ferðir með leiðsögn, veitingar, gistingu og útsýnisvall með fræðsluskiltum.

## Þættir sem tengjast jarðvarmavirkjunum

Um tveir þriðju hlutar þeirra sem afstöðu tóku voru jákvæðir til vega/slóða og gufustróka og talsverður meirihluti var jákvæður til stöðvarhúss. Rúmlega helmingur töldu hins vegar borplön, gufuleiðslur og kæliturn vera fremur eða mjög neikvæð mannvirki og 81-84% töldu háspennulínur og hávaða vera neikvæða fylgifyrirkjarna.

### 31. mynd Afstaða til mannvirkja og þátta sem fylgja jarðvarmavirkjunum <sup>21</sup>



Rétt er að hafa í huga að í Nesjavallakönnuninni var spurt um afstöðu til borhola en ekki borplana. Svo virðist sem afstaða til borplana sé mun neikvæðari enda borholurnar í sjálfu sér einkum holan sjálf og sá gufustrókur sem henni fylgir. Hér er einnig spurt um afstöðu til vega/slóða og háspennulína sem ekki var gert í Nesjavallakönnuninni en hefur verið gert í öðrum rannsóknum RRF, m.a. í rannsóknum vegna Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma sumarið 2000.<sup>22</sup> Þær niðurstöður eru mjög í samræmi við það sem hér kemur fram, þ.e. jákvæð afstaða meirihluta Íslendinga til vega og slóða er tengjast virkjunum en neikvæð afstaða þorra þeirra til háspennulína.

Þegar afstaða þátttakenda er skoðuð eftir kynferði og aldri kemur í ljós að karlar eru almennt jákvæðari til mannvirkja og þátta er fylgja jarðvarmavirkjunum en ekki eru skýr munur á afstöðu eftir aldurshópum þegar á heildina er litið.

<sup>21</sup>. 16-29% tóku ekki afstöðu til einstakra þátta. Flestir voru óákveðnir í afstöðu sinni til kæliturns og borplana en fæstir þegar spurt var um afstöðu til háspennulína og vega/slóða.

<sup>22</sup>. Heimild: Rögnvaldur Guðmundsson. „Ferðamenn á hálendi Íslands, sumarið 2000.“ Unnið fyrir Orkustofnun, Reykjavík 2001.



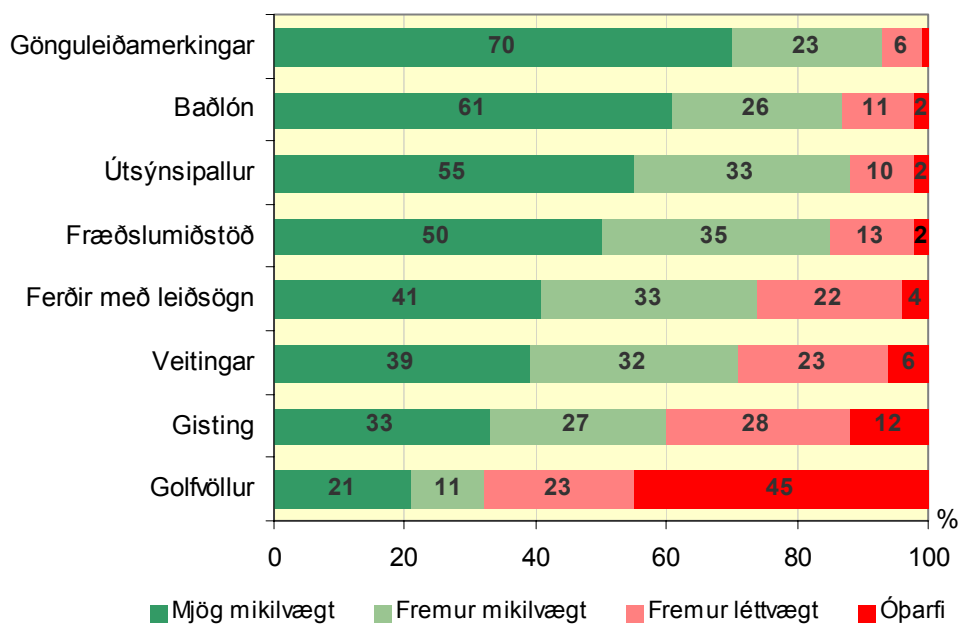
**19. tafla Afstaða til mannvirkja og þátta sem fylgja jarðvarmavirkjunum - mjög eða fremur jákvætt**

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Vegir/slóðar	69	68	71	62	82
Gufustrókar	74	58	63	73	60
Stöðvarhús	61	53	54	59	69
Kæliturn	50	44	47	43	64
Gufuleiðslur	50	43	55	37	47
Borplön	50	39	41	40	42
Háspennulínur	22	17	23	15	22
Hávaði	22	10	18	15	14

### Þjónusta sem getur tengst jarðvarmavirkjunum

85-93% þátttakenda töldu gönguleiðamerkingar, baðlón, útsýnispall og fræðslumiðstöð mjög eða fremur mikilvæga þjónustu í tengslum við jarðvarmavirkjun. Þá töldu 71-74% að æskilegt væri að bjóða upp á ferðir með leiðsögn og veitingar og um 60% voru því fylgjandi að bjóða upp á gistingu í nágrenni virkjunarinnar. Hins vegar töldu um tveir þriðju svarenda léttvægt eða óþarfa að hafa golfvöll í námunda við virkjunina.

**32. mynd Afstaða til þjónustu sem tengst getur jarðvarmavirkjunum** <sup>23</sup>



<sup>23</sup>. Einungis 4-7% þátttakenda tóku ekki afstöðu til þessara þátta.

Er þessi niðurstaða í góðu samræmi við svör Íslendinga í Nesjavallakönnuninni. Hér er þó meira fylgi við baðlón en þar var og þar var ekki spurt um afstöðu til golfvallar.

Þegar afstaða Íslendinga er skoðuð eftir kynferði og aldri kemur í ljós að konur eru hlynntari fræðslumiðstöð og skipulagðri leiðsögn en karlar og sömuleiðis fólk eldra en 55 ára fremur en þeir sem yngri eru.

**20. tafla Afstaða Íslendinga til þjónustu sem tengst getur jarðvarmavirkjunum - mjög eða fremur mikilvægt**

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Gönguleiðamerkingar	90	96	89	96	98
Baðlón	88	87	85	89	89
Útsýnispallur	87	89	86	89	91
Fræðslumiðstöð	81	90	81	87	95
Ferðir með leiðsögn	68	80	73	80	91
Veitingar	75	67	73	68	73
Gisting	57	63	64	55	59
Golfvöllur	33	32	32	33	33

#### 4.8 Áhrif virkjunar á upplifun og heimsóknartíðni

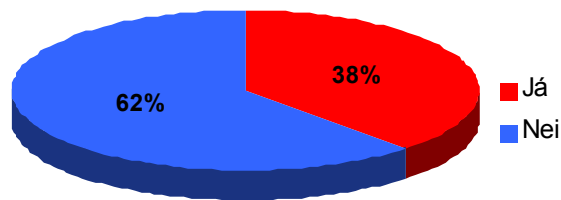
##### Áhrif á upplifun

35% þátttakenda, 22% karla og 49% kvenna, treystu sér ekki til að meta hvort fyrirhuguð Helligsheitavirkjun hefði áhrif á upplifun þeirra af Helligsheit og Hengilssvæðinu.

62% sem afstöðu tóku töldu að virkjunin myndi ekki hafa áhrif á upplifun þeirra en 38% að svo yrði.

##### 33. mynd

**Telur þú að virkjunin muni hafa áhrif á upplifun þína af Helligsheit og Hengilssvæðinu?**



45% kvenna sem afstöðu tóku töldu að virkjunin myndi hafa áhrif á upplifun þeirra en 33% karla. Lítil munur var á aldurshópum hvað þetta varðar.

### Hvaða áhrif?

Um 20% svarenda útskýrðu nánar hvaða áhrif þeir teldu að virkjun hefði á upplifun þeirra. Rúmlega helmingur þeirra nefndu neikvæð áhrif, fimmtungur jákvæð áhrif en aðrir voru á báðum áttum og töldu mikilvægt að vanda yrði til verka enda viðkvæm náttúra á svæðinu.

Þeir sem nefndu neikvæð áhrif af virkjun nefndu flestir að hún spillti náttúruupplifun, ylli sjón- og hljóðmengun þannig að það drægi úr gildi útivistar í nágrenninu. Þeir sem nefndu jákvæð áhrif töldu að virkjun gæti stuðlað að aukinni afþreyingu á svæðinu og að það væri jákvætt að beisla gufuorkuna.<sup>24</sup>

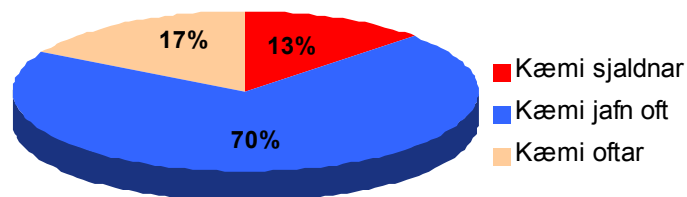
### **Áhrif á tíðni heimsóknna**

35% svarenda, 27% karla og 43% kvenna, treystu sér ekki til að meta hvaða áhrif fyrirhuguð Hellisheiðarvirkjun hefði á tíðni heimsóknna þeirra á svæðið.

Af þeim sem afstöðu tóku töldu um 70% að virkjunin hefði engin áhrif á komur þeirra, 17% að þeir kæmu oftast ef að virkjun yrði en 13% að þeir kæmu sjaldnar. Samkvæmt þessu mun virkjunin því heldur auka heildarfjölda gesta á svæðinu. Þess ber þó að geta að munurinn á þeim sem segjast munu koma oftast og þeim sem telja að þeir muni fækka komum sínum á svæðið verði af virkjun er ekki marktækur. Þó má draga þá ályktun með ákveðnum fyrirvara að gestum muni a.m.k. ekki fækka verði af framkvæmdum og líklegri er að þeim fjölgi nokkuð.

### **34. mynd**

#### **Hvaða áhrif telur þú að virkjunin muni hafa á tíðni heimsóknna þinna á Hellisheiði og Hengilssvæðið?**



Þegar líkleg áhrif af virkjun eru skoðuð með tilliti til kyns og aldurshópa þá töldu 21% karla og 12% kvenna að þau kæmu oftast ef að virkjun yrði. Um 19% kvenna töldu hins vegar að þær kæmu sjaldnar ef virkjun yrði að veruleika en 8% karla.

Talsvert stærra hlutfall svarenda í yngsta aldurshópnum töldu að þau kæmu sjaldnar á svæðið (17%) en að þau kæmu oftast (12%). Í öðrum aldurshópum var þessu öfugt farið.

<sup>24</sup>. Það vekur athygli hve stórt hlutfall þeirra sem útskýra mál sitt nefna neikvæð áhrif miðað við þá gesti sem teknir voru tali á Nesjavöllum.

## 4.9 Afstaða til fullyrðinga

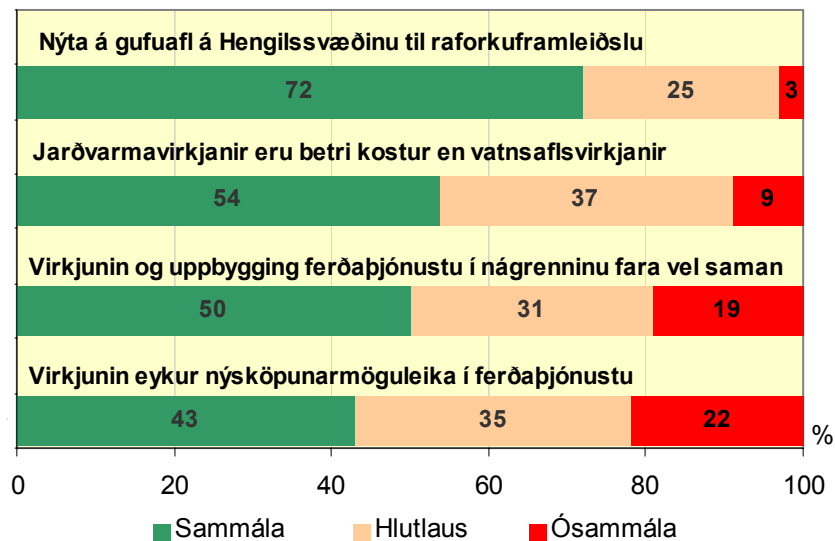
Í þessari könnun eins og í Nesjavallakönnuninni voru settar fram eftirtaldar fullyrðingar sem svarendur áttu að taka afstöðu til eða lýsa yfir hlutleysi:

- *Virkjun á Hellisheiði eykur möguleika á nýsköpun í ferðaþjónustu.*
- *Virkjun á Hellisheiði og uppbygging ferðaþjónustu í nágrenninu fara vel saman.*
- *Jarðvarmavirkjanir eru betri kostur en vatnsaflsvirkjanir.*
- *Það er rétt að nýta gufuafl á Hengilssvæðinu til raforkuframleiðslu.*

72% þeirra sem afstöðu tóku lýstu sig sammála því að nýta ætti gufuafl á Hellisheiði til raforkuframleiðslu en aðeins 3% voru því ósammála. 43-54% svarenda voru sammála öðrum fullyrðingum en 9-22% ósammála. Þannig voru rúmlega helmingur aðspurðra sammála því að jarðvarmavirkjanir væru betri kostur en vatnsaflsvirkjanir en 9% voru því ósammála. Ríflega helmingi fleiri voru því sammála en ósammála að Hellisheiðarvirkjun myndi auka nýsköpunarmöguleika í ferðaþjónustu og að virkjunin og ferðaþjónusta á svæðinu færu vel saman.

### 35. mynd

### Afstaða til fullyrðinga <sup>25</sup>



Karlar voru fremur sammála fullyrðingunum en konurnar. Fylgni við fullyrðingarnar jókst síðan í öllum tilvikum með hækkandi aldri svarenda. Þannig telja einungis 30-34% svarenda 16-35 ára að virkjunin og uppbygging í ferðaþjónustu fari vel saman eða að virkjunin auki möguleika á nýsköpun í ferðaþjónustu í nágrenninu. Hins vegar voru 61-72% þeirra sem voru eldri en 55 ára jákvæðir til þessara fullyrðinga.

<sup>25</sup>. 5-10% töldu sig ekki geta tekið afstöðu til fullyrðinganna og merktu við „veit ekki.“

21. tafla Íslendingar - sammála fullyrðingum

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Það er rétt að nýta gufuafi á Hengils- svæðinu til raforkuframleiðslu	81	61	66	75	86
Jarðvarmavirkjanir eru betri kostur en vatnsaflsvirkjanir.	55	52	50	55	61
Virkjun á Hellisheiði og uppbygging ferðaþjónustu í nágr. fara vel saman	57	42	34	63	72
Virkjun á Hellisheiði eykur möguleika á nýsköpun í ferðaþjónustu	49	37	30	55	61

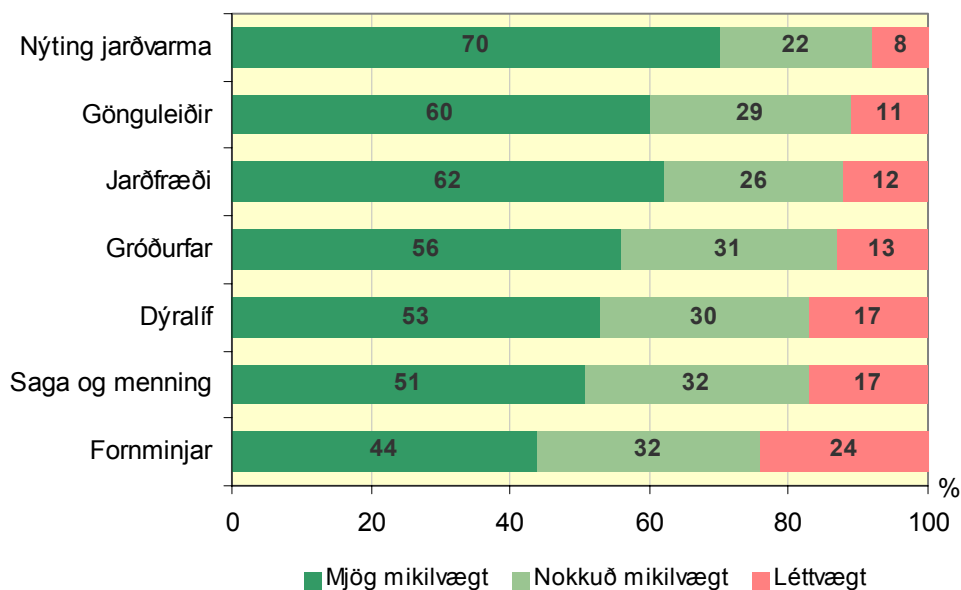
#### 4.10 Álit á starfsemi fræðslumiðstöðvar

Spurt var: „Ef fræðslumiðstöð rís í tengslum við virkjun á Hellisheiði til að kynna svæðið (Hellisheiði og Hengilinn) – á hvað ber að leggja áherslu í fræðslunni?“

Flestir töldu mikilvægt að fræða gesti um nýtingu jarðvarma á svæðinu en síðan gönguleiðir og jarðfræði svæðisins. Nokkru færri töldu mikilvægt að kynna gróðurfar, dýralíf, sögu og menningu svæðisins en hlutfallslega fæstir töldu mikilvægt að kynna fornminjar á Hengilssvæðinu. Þó voru aðeins 24% sem töldu það léttvægt. Þátttakendur voru því fylgjandi margvíslegri fræðslu um svæðið eins og þátttakendur í Nesjavallakönnuninni.

#### 36. mynd

Fræðslumiðstöð við Hellisheiðarvirkjun  
- álit á mögulegum áhersluþáttum fræðslunnar





Ekki var verulegur munur á afstöðu kynjanna til fræðslumöguleikanna en konur töldu þó mikilvægara en karlar að fræða fólk um fornminjar. Fólk eldra en 35 ára lagði meiri áherslu á að fræða um gönguleiðir og jarðfræði en þeir sem yngri eru.

**22. tafla Fræðslumiðstöð, álit á mögulegum áhersluþáttum fræðslunnar eftir kyni og aldurshópum - mjög eða nokkuð mikilvægt**

%	Kyn		Aldurshópar		
	Karl	Kona	16-35 ára	35-55 ára	> 55 ára
Nýting jarðvarma	94	89	90	94	91
Gönguleiðir	87	90	85	91	94
Jarðfræði	90	86	84	92	97
Gróðurfar	88	86	85	89	94
Dýralíf	83	83	82	86	77
Saga og menning	82	84	82	85	82
Fornminjar	71	81	72	82	76

#### 4.11 Tillögur um nýja eða bætta þjónustu að Nesjavöllum

Rúmlega 60 manns komu með tillögur um nýja eða bætta þjónustu við ferðamenn að Nesjavöllum. Um fimmtungur þeirra vildi láta bæta baðaðstöðu að Nesjavöllum og auka almennt fjölbreytni í þjónustu á svæðinu. Allmargir vildu hafa skipulega leiðsögn um svæðið, fjölga gönguleiðum, bæta veitingaþjónustu, koma upp sýningu um svæðið og jarðvarmann, bæta útlit bygginga og kynna svæðið og kosti þess betur. Þrír töldu mikilvægt að gera svæðið fjölskylduvænt. Þá var nefnt að huga þyrfti að þörfum hestamanna, vélsleðafólks og golfara, koma upp alhliða þjónustumiðstöð, bæta hreinlætisaðstöðu, auka gistingu og huga að aðstöðu fyrir fallhlífastökk, ráðstefnuhald, kanóferðir og jafnvel gróðurhús.

Öll svörin fara hér á eftir:

- Vantar rusladalla.
- Meiri þjónustu fyrir vélsleðafólk.
- Setja hugmyndakassa við gatnamótin.
- Mætti bæta auglýsingar.
- Nýta heita vatnið til þess að búa til nýtt Blátt lón.
- Mætti vera kynnt betur.
- Bætta þjónustu við ferðamenn.
- Útlit þjónustumiðstöðvar er frekar dapurlegt. Mætti bæta um betur.
- Leggja niður Nesbúð.
- Hef gist þar og það mætti stækka pottana og gera meira með vatnið.
- Fallegan veitingastað.

- Betri aðstöðu fyrir reiðmenn sem fara þar í gegn.
- Búa til baðaðstöðu.
- Hafa opið fyrir almenning á veturna.
- Ferðamannahótel.
- Fleiri túlka fyrir útlendinga.
- Þótt merkingar séu yfirleitt góðar hjá Orkuveitu Reykjavíkur er yfirlitskort ekki nógu áberandi í útjaðri svæðisins.
- Sýningu þar sem sést með hreyfanlegum líkönnum hvernig við nýtum jarðhitann til upphitunar og rafmagnsframleiðslu.
- Jarðfræði-og jarðvarmafræðslu.
- Tíðari leiðsögn fyrir erlenda túrista.
- Finnst þjónustan fremur lítil eða að minnsta kosti ekki nógu sýnileg. Vantar einkarekna þjónustumiðstöð.
- Gera það fjölskylduvænna. Gera að heilsulind og auka útivistastjónustu.
- Mætti auka fjölbreytni. Takmörkuð þjónusta í boði.
- Að það séu 300-500 metrar frá bílastæði að anddyri. Þjónustumiðstöðvar.
- Betri húsakost og meiri þjónustu. Auka þannig aðdráttaraflíð.
- Ferðir með leiðsögn um svæðið á föstum tímum.
- Auka ferðamannaþjónustu á staðnum.
- Koma meira til móts við yngri kynslóðina.
- Fá að aka upp að borholunum þegar þær blása!
- Merkja gönguleiðir betur.
- Sundlaug og aðstöðu fyrir fjölskyldu m.t.t. nestis.
- Bæta veitingaaðstöðu. Ekki vinnumötuneyti.
- Það mætti kynna svæðið betur fyrir almenningi og segja frá því t.d. í 8-10 bekk. (NB: nú fer 7. bekkur í skólum Reykjavíkur í heimsókn að Nesjavöllum).
- Snjósleðaferðir, fallhlífarstökk og kanóferðir á Þingvallavatni.
- Hafa sýningarsal og snyrtiaðstöðu. Oftar opið fyrir aðra en sérhópa.
- Auglýsa (á heimasíðu) hvenær og hvaða holur eru látnar blása.
- Bæta alla þjónustu og fjarlægja ljótar byggingar. Bæta veitingasölu og gistingu.
- Útbúa náttúrulegri baðlaugar.
- Væri sniðugt að nota Nesjavelli sem ráðstefnustað.
- Hafa fastar ferðir þangað, a.m.k. um helgar.
- Baðhús.
- Gönguleiðir.
- Leiðsögn um svæðið.
- Opna svæðið meira fyrir almenningi með leiðsögn og fræðslu.
- Golf, baðaðstaða og aukið gistirými.
- Baðlón.
- Þar mætti vera sundlaug og hugsanlega ylraekt í gróðurhúsum.
- Gönguleiðir og betri veitingarekstur
- Baðaðstöðu.
- Kynna jarðvarmavirkjunina með sýningu.
- Vantar kaffihús og WC.
- Baðlón.
- Leiðsögn og bæta móttökuna.
- Gönguleiðir.
- Horfa meira á markaðinn. Það dregur að útlendinga ef vel er auglýst.



## 5.0 Vetrarkönnun

### 5.1 Framkvæmd

Vetrarkönnunin var framkvæmd meðal útivistarfólks á Hellisheiði og Hengilssvæðinu í mars og apríl 2002 og tóku 237 manns þátt í henni. Flestir svöruðu könnuninni á skíðasvæðum eða í skálum íþróttafélaganna (ÍR, Víkingur, Valur) og í Litlu Kaffistofunni. Markmiðið með könnuninni var m.a. að athuga viðhorf þeirra gesta sem nýta svæði sem er innan fyrirhugaðs framkvæmdasvæðis virkjunar.

### 5.2 Kyn, aldur, búseta, atvinna og menntun

55% þátttakendanna voru karlar en 45% konur. 28% voru á aldrinum 18-35 ára, 58% voru 35-55 ára og 14% eldri en 55 ára.

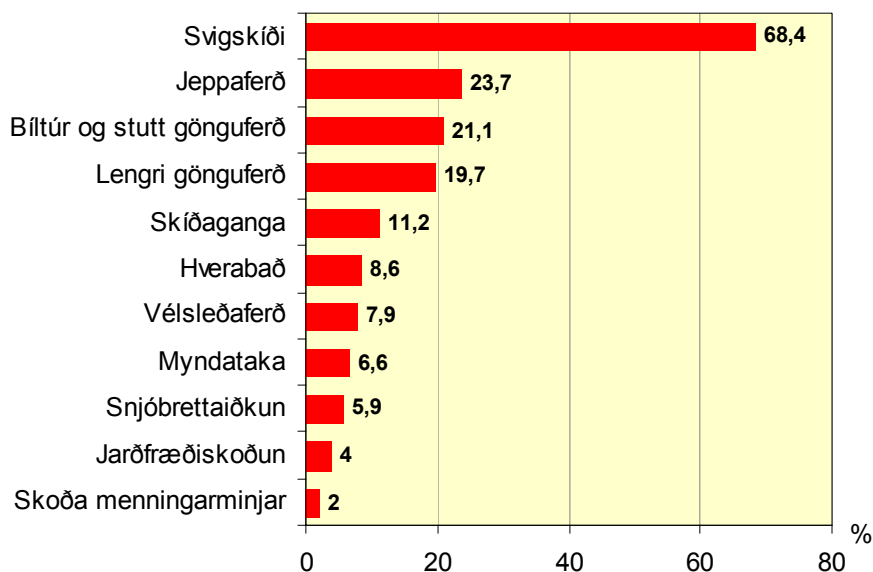
93% svarenda voru búsett á suðvesturhorninu, í Reykjavík eða á Reykjanesi, 6% á Suðurlandi og 1% annars staðar á landinu. 51% voru með minna en fjögurra ára menntun eftir grunnskóla en 49% lengri menntun.

### 5.3 Tegund útivistar og afþreyingar á svæðinu

Langflestir svarenda stunduðu svigskíði í ferðinni enda fór könnunin að mestu fram á skíðasvæðum íþróttafélaganna eða í skálum þeirra. Næst komu jeppaferð, stuttar gönguferðir í út frá bíl og lengri gönguferðir.

#### 37. mynd

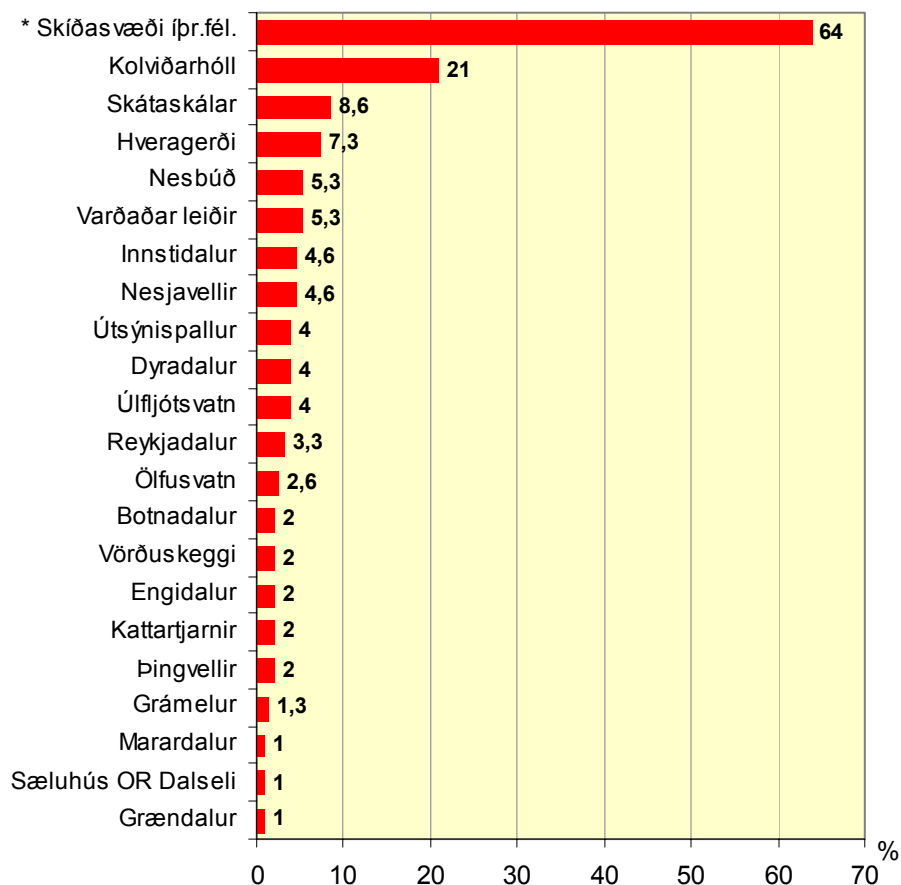
Afþreying og útivist þátttakenda á Hengilssvæðinu og á Hellisheiði í ferðinni



## 5.4 Viðkomustaðir í ferðinni

Eðlilega höfðu flestir komið á skíðasvæði íþróttafélaganna í ferðinni (64%) og næstflestir að Kolviðarhóli (21%). Um 8% fóru í Hveragerði 5% að Nesjavöllum, í Nesbúð, í Innstadal eða gengu varðaðar leiðir á Hellsheiði.

### 38. mynd Viðkomustaðir á Hellsheiði og Hengilssvæðinu í ferðinni



## 5.5 Nýting á útivistarstöðum í nágrenni Reykjavíkur

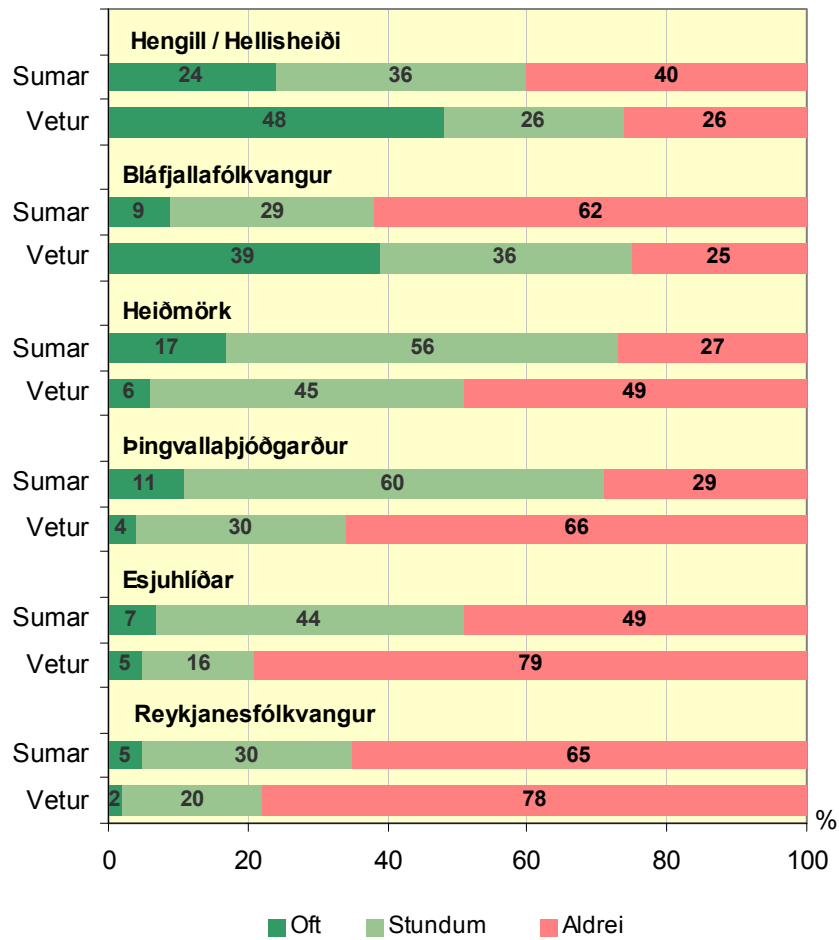
Spurt var um hvort þátttakendur í könnuninni hefðu nýtt sér eftirtalin útivistarsvæði í nágrenni Reykjavíkur á síðustu árum: Bláfjallafólkvang, Esjuhlíðar, Heiðmörk, Hengil/Hellsheiði, Reykjanesfólkvang eða Þingvallapjóðgarð. Spurt var hvort fólk hefði nýtt svæðin oft, stundum eða aldrei, annars vegar að sumri (maí - sept.) og hins vegar að vetri (okt. - apríl).

Niðurstaðan er sú að flestir nýttu sér Heiðmörk, Þingvallapjóðgarð og Hengilinn/Hellsheiði að sumri til en Hengilinn/Hellsheiði og Bláfjallafólkvang að vetri. Þá höfðu um helmingur stundað útivist í Esjuhlíðum á síðustu árum en fimmtungur að vetri. Fæstir höfðu stundað útivist í Reykjanesfólkvangi. Í þessum hópi var nýtingin á Hengli og Hellsheiði því jöfnust allt árið en mestu árstíðasveiflurnar voru í nýtingu Bláfjallafólkvangs og Þingvallapjóðgarðs en síðan á Esjuhlíðum.



39. mynd

Útivist á síðustu árum - eftir útivistarstöðum í nágrenni Reykjavíkur



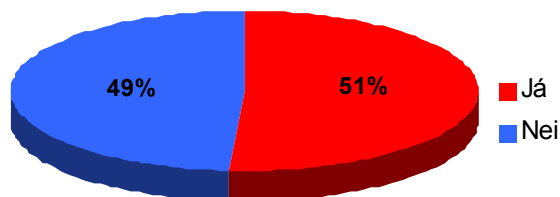
5.6 Áhrif virkjunar á upplifun og heimsóknartíðni

Áhrif á upplifun

36% þátttakenda gesta, 27% karla og 48% kvenna, treystu sér ekki til að meta hvort fyrirhuguð Hellisheiðarvirkjun hefði áhrif á upplifun þeirra af Hellisheiði og Hengilssvæðinu. 51% þeirra sem afstöðu tóku töldu að virkjunin myndi hafa áhrif á upplifun þeirra en 49% álitu að svo yrði ekki.

40. mynd

Telur þú að virkjunin muni hafa áhrif á upplifun þína af Hellisheiði og Hengilssvæðinu?



54% kvenna og 49% karla töldu að virkjunin hefði áhrif á upplifun þeirra. 33% fólks 16-35 ára töldu að virkjunin hefði áhrif á sig en 50-57% þeirra sem eldri eru.

### Hvaða áhrif?

Um 25% svarenda útskýrðu nánar hvaða áhrif þeir teldu að virkjun hefi á upplifun þeirra að svæðinu og nefndu 45% jákvæð áhrif, 49% neikvæð áhrif en aðrir voru á báðum áttum en töldu brýnt að vanda til verka þannig að viðkvæm náttúra á svæðinu spilltist ekki og vildu einnig tryggja að skíðasvæðin yrðu ekki eyðilögð.

Þeir sem nefndu jákvæð áhrif töldu að virkjunin gæti leitt til þess að skíðasvæðin efldust og að aðgengi og þjónusta við útivistarfólk og ferðamenn á svæðinu myndi batna. Þeir sem nefndu neikvæð áhrif af virkjuninni nefndu að með henni væri líklegt að skíðasvæðin í nágrenninu legðust af, að hún ylli umhverfissröskun, sjón-og hávaðamengun sem truflaði upplifun fólks á svæðinu.

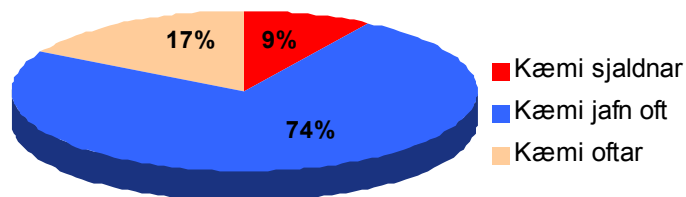
Hlutfall þeirra sem útskýra mál sitt og nefna neikvæð áhrif er hér lægra en meðal þátttakenda í viðhorfskönnun á höfuðborgarsvæðinu en herra en hjá gestum á Nesjavöllum.

### **Áhrif á tíðni heimsókna**

25% svarenda, 17% karla og 46% kvenna, treystu sér ekki til að meta hvaða áhrif fyrirhuguð Hellsisheiðarvirkjun hefði á tíðni heimsókna þeirra á svæðið.

Af þeim sem afstöðu tóku töldu 74% að virkjunin hefði engin áhrif á komur þeirra, 17% að þeir kæmu oftast ef að virkjun yrði en 9% að þeir kæmu sjaldnar. Miðað við þá niðurstöðu mun jarðvarmavirkjun á Hellsisheiði því fremur fjölga en fækka innlendu útivistarfólki á svæðinu.

#### **41. mynd Hvaða áhrif telur þú að virkjunin muni hafa á tíðni heimsókna þinna á Hellsisheiði og Hengilssvæðið?**



Þegar líkleg áhrif af Hellsisheiðarvirkjun eru skoðuð með tilliti til kynja og aldurshópa þá töldu 21% karla og 10% kvenna að þau kæmu oftast ef að virkjun yrði. Um 15% kvenna töldu hins vegar að þær kæmu sjaldnar ef virkjun yrði að veruleika en aðeins 6% karla.

Sama hlutfall svarenda í yngstu (11%) og elstu (8%) aldurshópunum töldu að þeir kæmu sjaldnar á svæðið en oftast. Meðal þeirra sem eru 26-55 ára töldu 21% að þeir kæmu oftast ef að virkjun yrði en 9% sjaldnar.

## 5.7 Tillögur um bæta þjónustu fyrir vetrarferðamenn í tengslum við virkjun á Hellisheiði

63 svarendur komu með tillögur um nýja eða bæta þjónustu fyrir vetrarferðamenn á Hengilssvæðinu og Hellisheiði í tengslum við fyrirhugaða virkjun.

Um 60% þeirra vildu láta bæta skíðasvæðin, m.a. með snjóframleiðslu (snjóbyssum), eða með því að fjölga lyftum og göngubrautum, flóðlýsa svæðið og bæta aðstöðu fyrir snjóbrettafólk. Um 30% vildu fá baðaðstöðu í formi heitra potta eða baðlóns á svæðið. Nokkrir nefndu síðan veitinga- og kaffihús, bæta aðstöðu fyrir snjósleðafólk og alhliða þjónustumiðstöð.

Allar tillögur þátttakenda fara hér á eftir:

- Uppbygging skíðasvæða og önnur útivistaruppbygging allt árið.
- Snjóbyssur.
- Það þyrfti að breyta skíðasvæðinu og bæta það svo fleiri ferðamenn leggi leið sína þangað.
- Bæta aðstöðu fyrir skíðafólk.
- Bæta skíðaaðstöðu.
- Byggja upp skíðasvæðið.
- Laga aðstöðu til skíðaiðkunar.
- Bæta aðstöðu á skíðasvæðunum og alla uppbyggingu.
- Snjóbyssu, heita potta og betra skíðasvæði.
- Búa til vetrarsvæði fyrir alpa- og gönguskíði með flóðlýsingu og snjóframleiðslu.
- Bæta skíðasvæðið, heita potta og golfvöll.
- Leggja vatnslagnir fyrir snjóframleiðslu og fá heita potta.
- Bæta skíðasvæðin með fleiri gervisnjóbyssum og laga brekkur með jarðýtum.
- Snjóbyssur og auka gróður.
- Efla alpa- og göngusvæði með snjóframleiðslu og flóðlýsingu.
- Bæta aðstöðu fyrir skíðafólk.
- Virkja Víkings svæðið og ÍR svæðið saman.
- Bæta skíðaaðstöðu.
- Fá öflugri lyftur, stærri skála og fjölga snjóbyssum.
- Snjóbyssur með vatnslögn upp í skíðabrekkurnar.
- Bæta skíðasvæðin.
- Útbúa alpa-, göngu- og skíðasvæði með flóðlýsingu. Byggja þjónustumiðstöð.
- Baðaðstaða, fleiri snjóvélar, betri skála.
- Uppbygging skíðasvæða og fjölbreyttari afþreyingu.
- Snjóbyssur og flóðljós.
- Bæta lýsingu á skíðasvæðinu og göngubrautir. Meiri notkun snjóbyssu.
- Fá nýjar lyftur, betri lýsingu og betri böð.
- Bæta aðstöðu fyrir snjóbrettafólk á skíðasvæði.
- Vatnsbyssur í brekkur og heita potta.
- Bæta vegi á skíðasvæðum Hengilssvæðisins og fá fleiri snjóbyssur.
- Heilsárshótel með heitum pottum og bæta aðstöðu til skíðaiðkunar með snjóbyssum, lyftum o.fl.
- Bætt skíðasvæði.
- Heitan pott, snjóbyssur.

- Heitan pott, snjóblásara og heilsársgervisnjó í allar brekkur.
  - Bæta aðstöðu fyrir skíðin.
  - Betra skíðasvæði.
  - Heitir pottar og snjóbyssukerfi.
  - Betra aðgegni og auka möguleika á að búa til snjó.
  - Byggja upp aðstöðu fyrir sleðafólk.
  - Orkuveitan ætti að laga brekkur á skíðasvæðum og aðstoða við uppbyggingu þeirra.
  - Skíðagöngubrautir og betri lyftubúnað.
- 
- Betri vegi og þjónustu.
  - Að hægt verði að fara í heita potta.
  - Fá nýtt fólk til vinnu.
  - Malbika brekkur og setja t.d. upp barnalyftur fyrir línuskauta.
  - Heitar laugar sem hægt er að reka í tengslum við skíðasvæði.
  - Bæta vatnsmál, bæði heitt og kalt.
  - Heita potta og veitingastað. Koma upp svipaðri aðstöðu og á Nesjavöllum, t.d. í tengslum við skíðaskálann.
  - Blátt lón.
  - Heitan pott við Víkingsskálann.
  - Nýta varmann, t.d. með baðlóni.
  - Heitt baðlón.
  - Góða alhliða þjónustumiðstöð með bensínstöð, veitingum og fleiru.
  - Heitar laugar.
  - Efla og styrkja uppbyggingu Litlu Kaffistofunnar.
  - Lýsa upp Helligheiðina.
  - Að ákveðnar gönguleiðir fái að vera í friði fyrir jeppum, snjósleðum og öðrum friðarspillandi farartækjum.
  - Auka þjónustu, upplýsingar og veitingar.
  - Byggja útivistarskála og góða salernisaðstöðu.
  - Kaffi-og veitingastað.
  - Betri þjónustu og upplýsingagjöf.
  - Heitar laugar.

## 5.8 Tillögur um bættu þjónustu fyrir vetrarferðamenn á Nesjavöllum

32 svarendur komu með tillögur um nýja eða bættu þjónustu fyrir vetrarferðamenn á Nesjavöllum. Helst komu fram tillögur um að koma þar upp skíða-og baðaðstöðu og að lengja opnunartíma þjónustustaða.

Allar tillögurnar fara hér á eftir:

- Efla sem útivistarparadís að vetri.
- Koma upp skíðasvæði.
- Gæti orðið meiri útivistarparadís.
- Væri vænlegur skíðakostur.
- Athuga möguleika fyrir skíðamenn.

- Á Nesjavöllum er hægt að búa til ferðaþjónustu fyrir snjósleðaferðir, einnig er hægt að búa til skíðasvæði sem hentar öllum á svæðinu, þar sem að nóg er af vatni til snjóframleiðslu.
- Bjóða upp á reglubundnar áætlunarferðir, nudd sem tengist heita vatninu o.fl.
- Virkja svæðið sem skíðasvæði.
- Vil fá þar framtíðar skíðasvæði í norðurhlíðum Hengilsins.
- Heitar laugar.
- Skíðalyftur.
- Alvöru snjóbyssukerfi.
- Blátt lón.
- Opið allt árið í Nesbúð.
- Heitir pottar.
- Vera með heita potta fyrir almenning.
- Nýta frábæra aðstöðu fyrir ferðamenn og vera með baðlaugar, gufubað og fleira.
- Bjóða upp á sérleiðir fyrir skíðagöngufólk.
- Baðaðstaða og gufubað.
- Mætti nýta hitann í jörðu meira til baða og fleiri hluta í þeim dúr.
- Slökunarlón og nýta til þess jarðgufu.
- Útivistarskála og salernisaðstöðu.
- Bæta þjónustu og hafa opið lengur.
- Kaffi og aðrar veitingar.
- Bæta þjónustuaðstöðuna.
- Bjóða upp á heitar laugar.
- Eitthvað í líkingu við Bláa Lónið
- Bæta þjónustuna.
- Endilega opna Nesbúð allt árið.





## 6.0 „Dear Visitors 2001“

### - könnun meðal erlendra ferðamanna

#### 6.1 Inngangur

##### Forsaga

Rannsóknir og ráðgjöf ferðapjónustunnar (RRF) framkvæmdu fyrst könnun undir nafninu *Dear Visitors* meðal rúmlega 1.700 erlendra brottfarargesta í Leifsstöð sumarið 1996. Sumar og haust 1998 gerði fyrirtækið sambærilega könnun meðal um 2.500 erlendra gesta. *Dear Visitors 2001* er því þriðja könnunin sem RRF gerir meðal erlendra ferðamanna í Leifsstöð á síðastliðnum fimm árum. Í þessum könnunum er lögð áhersla á að skoða ferðavenjur og afþreyingu erlendra gesta hér á landi, ástæður komu, útgjöld þeirra, gistinætur og heimsóknir í einstaka landshluta og þéttbýlisstaði.

##### Framkvæmd

Könnunin *Dear Visitors 2001* stóð frá miðjum júlí og fram til október 2001. Í september var könnunin framkvæmd í fyrri hluta mánaðarins og síðan í kringum miðjan október. Könnunin var á fimm tungumálum: norsku, ensku, þýsku, frönsku og ítölsku. Alls var dreift 1.872 eintökum og fengust 1.665 fullgild svör. Svörun var því 88,9%. Í júlí og ágúst fengust 1.059 svör, 286 í september og 320 svör í október.

##### Úrvinnsla

Við úrvinnslu niðurstaðna eru erlendir ferðamenn skoðaðir eftir sex markaðssvæðum. Gestir frá öðrum svæðum eru skilgreindir saman. Markaðssvæðin eru flokkuð sem hér er sýnt.

Markaðssvæði	Lönd
Norðurlönd	Noregur, Svíþjóð, Finnland og Danmörk.
Mið-Evrópa	Þýskaland, Austurríki og Sviss.
Benelux löndin	Belgía, Holland og Luxemburg
Bretlandseyjar	England, Wales, Skotland, N-Írland og Írska lýðveldið.
Suður-Evrópa	Ítalía, Frakkland, Spánn, Portúgal, Grikkland og eyjar á Miðjarðarhafi.
Norður-Ameríka	Bandaríkin, Kanada og Mexíkó.
Önnur svæði	A-Evrópa, Afríka, Asía, Ástralía og S-Ameríka.

Í úrvinnslunni eru þátttakendur fyrst skoðaðir sem heild. Svörin eru síðan greind eftir aldri og búsetu svarenda eftir því sem við á.

Þegar rætt er um tölfræðilegan áreiðanleika niðurstaðna eru svokölluð fráviksmörk notuð sem viðmið. Fráviksmörk eru reiknuð fyrir hverja hlutfallstölu og segja til um það með hve mikilli nákvæmni megi yfirfæra niðurstöður úrtakskönnunar á þann viðmiðunarhóp eða „þýði“ sem til skoðunar er, í þessu tilviki alla erlenda ferðamenn til Íslands frá miðjum júlí til 20. október 2001. Ætla má að þeir hafi verið 110-130 þúsund talsins. Í 23. töflu má sjá fráviksmörkin eftir því hve stórt úrtakið er og eftir hlutfallstöllum. Taflan miðar við 95% öryggismörk sem notuð eru í þessari samantekt.

**23. tafla** Fráviksmörk í úrtakskönnun - allar tölur í %

Fjöldi svara	5/95	10/90	15/85	20/80	25/75	30/70	40/60	50
100	4,3	5,9	7,0	7,8	8,5	9,0	9,6	9,8
200	3,0	4,2	5,0	5,5	6,0	6,4	6,8	6,9
300	2,5	3,4	4,0	4,5	4,9	5,2	5,5	5,7
400	2,1	2,9	3,5	3,9	4,2	4,5	4,8	4,9
500	1,9	2,6	3,1	3,5	3,9	4,1	4,3	4,4
700	1,7	2,3	2,7	3,1	3,4	3,5	3,8	4,0
800	1,6	2,2	2,5	2,9	3,2	3,3	3,6	3,7
1000	1,4	1,9	2,2	2,5	2,7	2,8	3,0	3,1
1200	1,3	1,7	2,0	2,3	2,5	2,6	2,8	2,8
1500	1,1	1,5	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,5

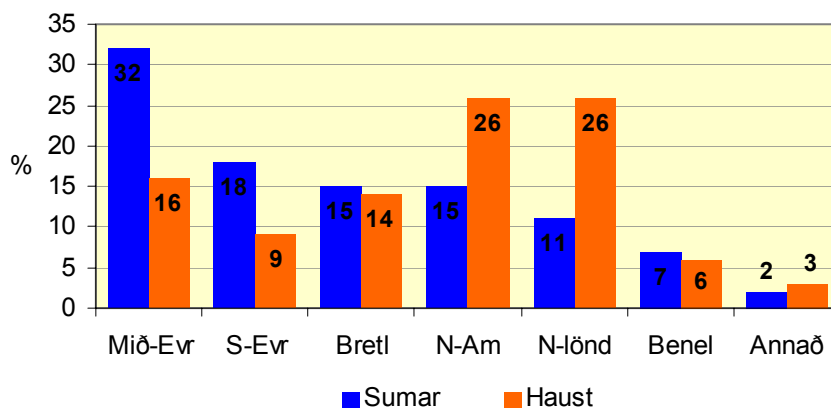
Sé miðað við að 95% eða 5% svarenda að sumarlagi hafi verið á ákveðinni skoðun þá verður frávikið frá gefnu hlutfalli +/- 1,4% miðað við 1.000 svarendur. Ef hins vegar 50% eru á ákveðinni skoðun verður frávikið +/- 3,1%. Hins vegar er nærri lagi að miða við 300 svarendur í september og október og þá verður frávikið +/- 2,5% eða +/- 5,7% miðað við sömu forsendur. Þessa tölfræði er rétt að hafa í huga við lestur niðurstaðna.

## 6.2 Búseta

Um þriðjungur þátttakenda í könnuninni *Dear Visitors* sumarið 2001 voru frá Mið-Evrópu en um haustið voru flestir frá Norðurlöndunum og Norður-Ameríku.<sup>26</sup>

### 42. mynd

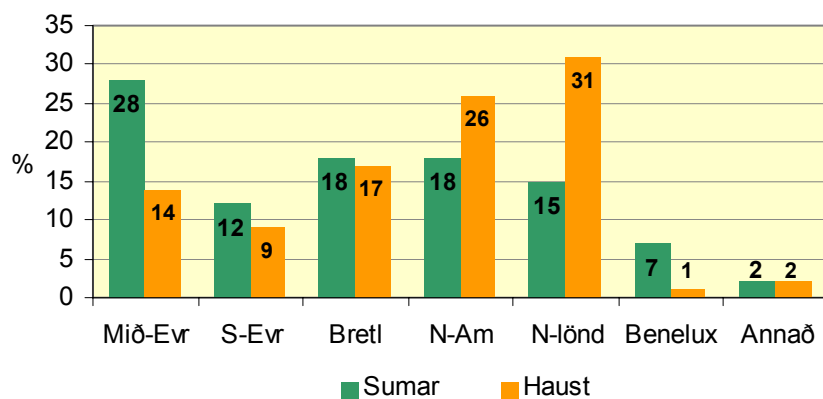
#### Búseta eftir markaðssvæðum - allir



Ef skipting gesta að Nesjavöllum eftir markaðssvæðum er skoðuð kemur í ljós að hlutfallslega færri gestir koma að Nesjavöllum frá Mið- og Suður-Evrópu en fleiri frá Bretlandi, Norður - Ameríku og Norðurlöndunum en ef miðað er við skiptingu allra svarenda. Gestir frá Mið-Evrópu voru fjölmennastir á Nesjavöllum um sumarið en gestir frá Norðurlöndunum og Norður-Ameríku um haustið.

### 43. mynd

#### Skipting gesta að Nesjavöllum - eftir markaðssvæðum



## 6.3 Kyn, aldur og menntun

55% þátttakenda í könnuninni voru karlar en 45% konur. Kynjahlutfallið var svipað meðal gesta að Nesjavöllum, þ.e. 52% karlar og 48% konur.

Meðalaldur allra þátttakenda var 40,3 ár, eilítið lægri að sumri en hausti. Flestir voru á aldrinum 26-40 ára. Þeir þátttakendur sem komu að Nesjavöllum voru að jafnaði 37,7 ára, 2,3 árum undir meðalaldri svarenda, en 40 ára um haustið.

<sup>26</sup>. Í október voru 31% þátttakenda frá Norðurlöndum, 28% frá Norður-Ameríku og 17% frá Bretlandi.

Það er vitað að erlendir gestir á Íslandi eru mjög vel menntaðir og könnunin staðfestir það. 70% svarenda höfðu lokið meira en fjögurra ára skólagöngu að loknu skyldunámi og þriðjungur var með meira en átta ára framhaldsnám að baki. Gestir frá Suður-Evrópu og Benelux löndunum höfðu að jafnaði mesta menntun. Gestir að Nesjavöllum höfðu nokkru betri menntun en meðaltalið og höfðu 74% þeirra meira en fjögurra ára framhaldsnám að baki.

## 6.4 Lengd Íslandsferðar, ferðamáti, föruneysi og farartæki

### Lengd ferðar

Meðaldvöl þátttakenda á Íslandi sumarið 2001 var 11,4 nætur, 7,7 nætur í fyrri hluta september og 4,7 nætur í október. Sumargestir að Nesjavöllum gistu að jafnaði 11,2 nætur á Íslandi, gestir í september 8,9 nætur og gestir í október 7,2 nætur. Svo virðist því að þeir gestir sem hafa stystu viðdvölinu á Íslandi komi síður að Nesjavöllum en þeir sem dvelja hér í 5 daga eða lengur.

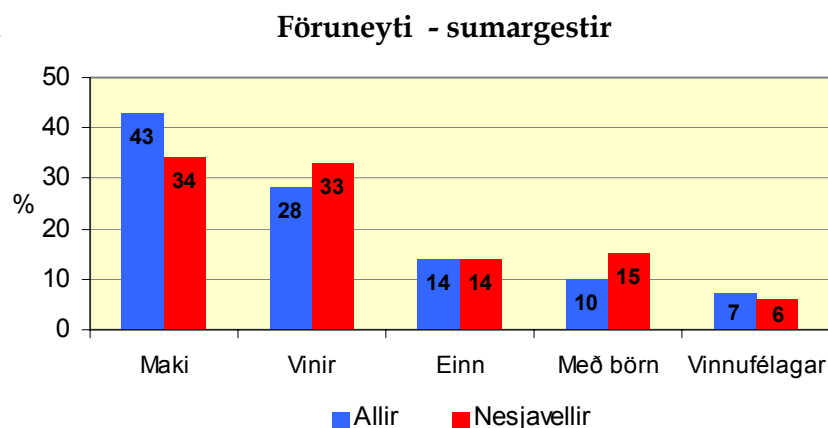
### Ferðamáti

Um tveir þriðju hlutar allra sumargesta í könnuninni voru héraðis á eigin vegum og um 70% þeirra um haustið. 75% sumargesta að Nesjavöllum voru á eigin vegum sem er talsvert hærra en meðaltalið. Um haustið var hlutfall gesta á eigin vegum hins vegar það sama og almennt gerðist.

### Föruneysi

Talsvert hærra hlutfall gesta að Nesjavöllum var í föruneysi með vinum eða með börn í föruneysi en almennt var en færri eingöngu með maka í för.<sup>27</sup>

#### 44. mynd



<sup>27</sup>. 2-3% svarenda voru bæði í för með maka og vinum og því er samanlagt hlutfall 102-103%.



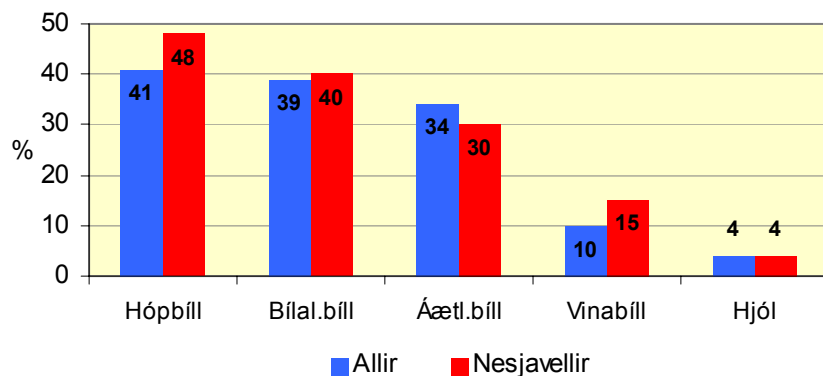
Um haustið var tæplega helmingur af gestum á Nesjavöllum með maka í för, 13-15% einir eða með vinnufélögum og 6% með börn í föruneyti sínu.

### Farartæki

Hlutfallslega fleiri sumarferðamenn á Nesjavöllum en almennt var nýttu sér eitthvað hópbíl eða bíl vina í Íslandsferðinni en færri notuðu áætlunarbíl.

#### 45. mynd

Farartæki - sumargestir



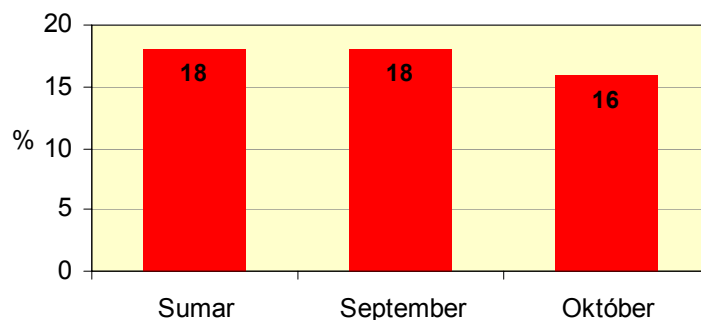
Um haustið hélst þessi munur svipaður en færri nýttu sér þá bílaleigubíla (33%) en fleiri hópbíla (56%) eða áætlunarbíla (38%) en um sumarið og enginn var á hjóli.

## 6.5 Erlendir ferðamenn að Nesjavöllum sumar og haust 2001

### Allir

16-18% þátttakenda í *Dear Visitors 2001* komu að Nesjavöllum sumar og haust 2001 samkvæmt könnuninni.

#### 46. mynd Hlutfall erlendra ferðamanna að Nesjavöllum árið 2001



Ef miðað er við að 150 þúsund erlendir ferðamenn hafi komið til Íslands sumarið 2001 má þannig áætla að um 27 þúsund þeirra hafi komið að Nesjavöllum.

Það vekur eftirtekt hvað Nesjavöllir halda sínum hlut betur fram eftir hausti en Þingvellir. Þannig komu um 67% þátttakenda að Þingvöllum um sumarið, 53% í september en 45% í október. Miðað við þær niðurstöður komu nær fjórum sinnum

fleiri erlendir ferðamenn að Þingvöllum en Nesjavöllum sumarið 2001 en tæplega þrefalt fleiri í október. Skýringin kann m.a. að vera sú að nær engin þjónusta hefur verið fyrir ferðamenn á Þingvöllum að hausti en gestamiðstöðin á Nesjavöllum er hins vegar opin fyrir hópa og Nesbúð er einnig með veitingar. Forvitnilegt verður að sjá hvort þetta breytist með nýrri gestastofu ofan við Almannagjá sem opin verður a.m.k. fram í október.

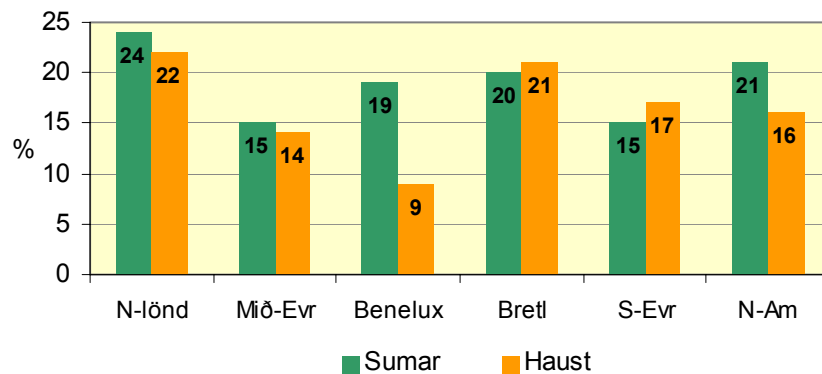
21% af þeim sem komu að Þingvöllum sumarið 2001 komu einnig að Nesjavöllum og í október var hlutfallið 30%. Ef horft er á þetta frá sjónarhóli erlendra gesta að Nesjavöllum þá komu 79% þeirra að Þingvöllum sumarið 2001 en 82% Nesjavallagesta í október.

Nánari rannsóknir vantar á gestum að Nesjavöllum á öðrum árstímum en líklegt má telja að erlendir ferðamenn sem komu að Nesjavöllum allt árið 2001 hafi verið á bilinu 40-45 þúsund manns.

### Eftir markaðssvæðum

Um 24% svarenda frá Norðurlöndum komu að Nesjavöllum sumarið 2001, 19-21% gesta frá Bretlandi, N-Ameríku og Benelux löndunum (Holland, Belgía, Luxemborg) en 15% gesta frá Mið-og S-Evrópu (sjá einnig 43. mynd).

**47. mynd Hlutfall erlendra ferðamanna að Nesjavöllum árið 2001 - eftir markaðssvæðum**

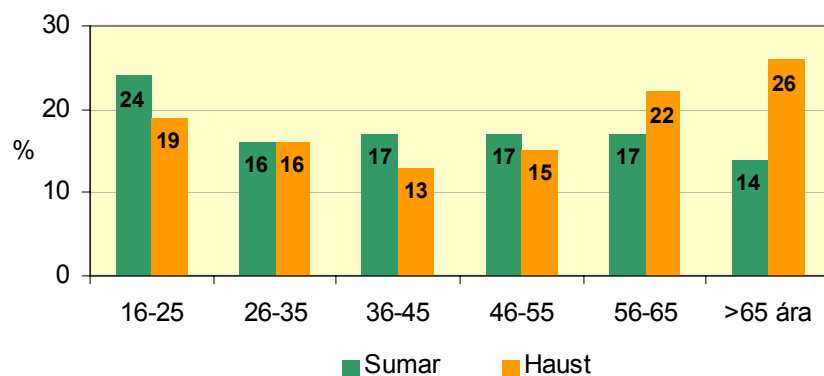


### Eftir kyni og aldurshópum

Lítill munur var á heimsóknum til Nesjavalla eftir kynjum. Þó kváðust um 19% kvenna en 16% karla hafa komið þangað um haustið (sept.-okt.).

Hlutfallslega flestir á aldrinum 16-25 ára komu að Nesjavöllum um sumarið en dæmið snérist við um haustið þegar eldra fólk kom þangað mest.

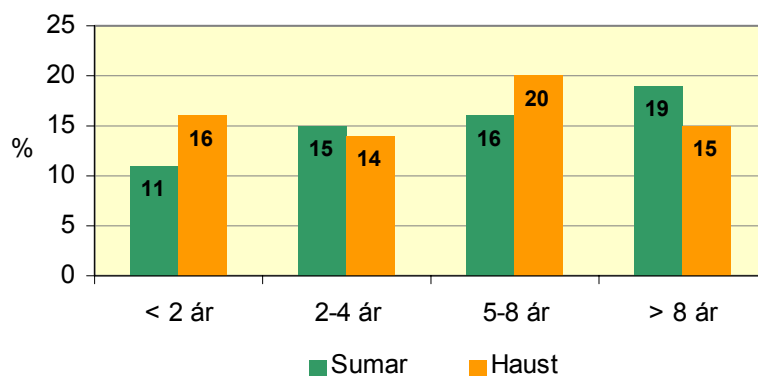
48. mynd Hlutfall erlendra ferðamanna að Nesjavöllum árið 2001 - eftir aldurshópum



### Eftir menntun

Fólk með meira en fjögurra ára framhaldsmenntun kom fremur að Nesjavöllum en þeir sem minni menntun höfðu, einkum að sumarlagi.

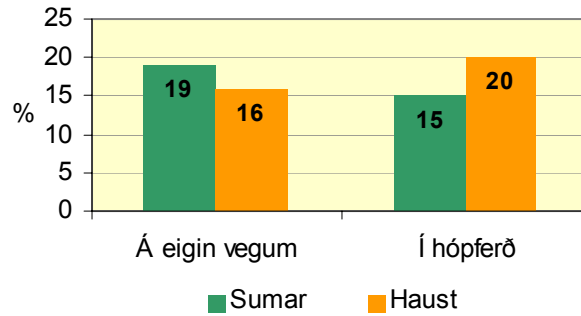
49. mynd Hlutfall erlendra ferðamanna að Nesjavöllum árið 2001 - eftir menntun



### Eftir ferðamáta

Að sumarlagi komu hlutfallslega fleiri af þeim sem voru á eigin vegum að Nesjavöllum en um haustið snérist dæmið við. Hér er mikilvægt að hafa í huga að 2/3 hlutar allra sumargesta í könnuninni um voru á eigin vegum og 70% gesta um haustið. Eins og áður greinir voru 75% erlendra gesta að Nesjavöllum sumarið 2001 á eigin vegum en 70% um haustið (sbr. kafla 6.3).

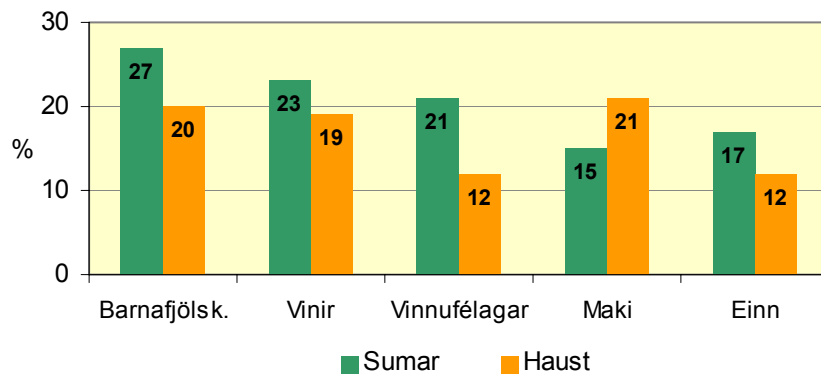
**50. mynd Hlutfall erlendra ferðamanna að Nesjavöllum árið 2001  
- eftir ferðamáta**



**Eftir föruneyti**

27% þeirra sem voru með börn í föruneyti komu að Nesjavöllum en aðeins 15-17% þeirra sem voru með maka eða einir á ferð.

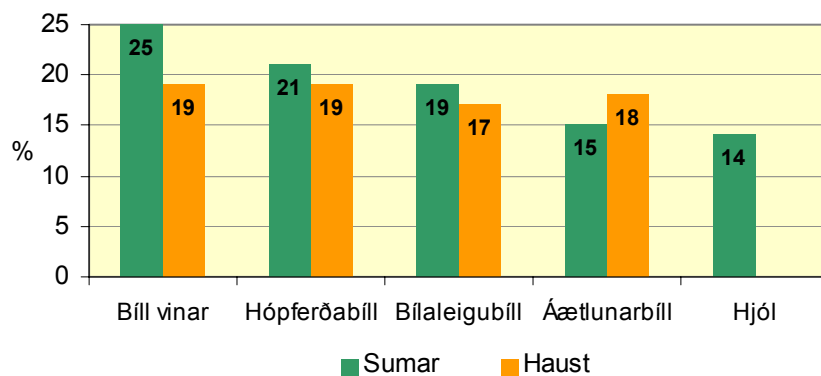
**51. mynd Hlutfall erlendra ferðamanna að Nesjavöllum árið 2001  
- eftir föruneyti**



**Eftir farartæki**

Hlutfallslega flestir þeirra sem nýttu sér bíl vinar á Íslandi heimsóttu Nesjavelli sumarið 2001 en næst komu þeir sem nýttu sér eitthvað hópferðabíl eða bílaleigubíl. Minni munur var á komum gesta eftir farartækjanotkun um haustið.

**52. mynd Hlutfall erlendra ferðamanna að Nesjavöllum árið 2001  
- eftir farartæki sem notað var í ferðinn**







# Heimildir

Auður Björg Sigurjónsdóttir.

*Samantekt um gestaffjölda að Nesjavallavirkjun 1996-2001.*

Helgi Pétursson.

*Orkuveita Reykjavíkur og ferðaþjónusta á Hengilssvæðinu. Drög að greinargerð.*

Reykjavík 2001.

Rögnvaldur Guðmundsson.

*Dear Visitors 2001, erlendir ferðamenn á Íslandi sumar og haust 2001. Óútgefið handrit.*

Rögnvaldur Guðmundsson.

*Ferðamenn á hálendi Íslands, sumarið 2000. Ferðamenn á Torfajökulssvæði, Síðuvatnasvæði, norðan Hofsjökuls, norðan Vatnajökuls og viðmiðunarhópur á láglendi.*

Unnið fyrir Orkustofnun, Reykjavík 2001.

Rögnvaldur Guðmundsson.

*Jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi. Áhrif á ferðaþjónustu og útivist. Gestakönnun, athugun meðal ferðaþjónustuaðila í heimabyggð og fyrri rannsóknir. Unnið fyrir Landsvirkjun,*

Reykjavík 2001.

Rögnvaldur Guðmundsson.

*Stækkun Kröfluvirkjunar. Áhrif á ferðaþjónustu og útivist. Gestakönnun, athugun meðal ferðaþjónustuaðila í heimabyggð og fyrri rannsóknir. Unnið fyrir Landsvirkjun, Reykjavík 2001.*

Skúli Helgason.

*Saga Kolviðarhóls. Prentsmiðja Suðurlands, Selfossi 1959.*

Vegagerð ríkisins.

*Umferð á þjóðvegum 1996, 1997, 1998 og 1999 (fjögur hefti). Vegagerðin, Reykjavík 1998, 1999, 2000 og 2001. Óútgefnar niðurstöður fyrir árin 2000-2001.*

Þóra Ellen Þórhallsdóttir.

*Gildi landslags á Hengilssvæðinu, einkum á þeim svæðum sem til greina koma vegna orkuvinnslu. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 61. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur, Reykjavík 2002.*

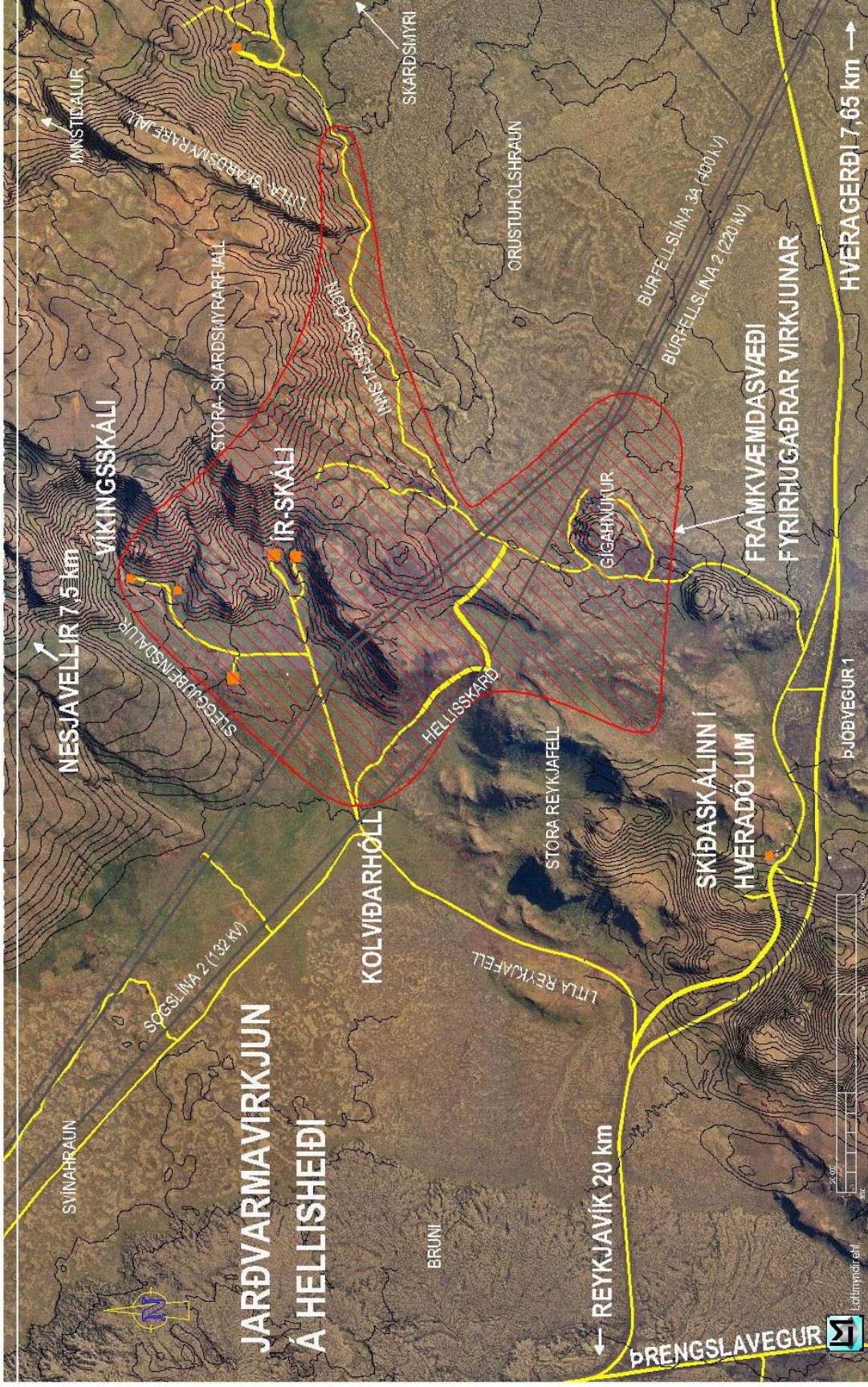


**VIÐAUKAR**





# 1. viðauki



Orkuveita Reykjavíkur áformar að reisa jarðvarmavirkjun á Hellisheiði sunnan Hengilsins. Áætlað er að byggð verði allt að 120 MW rafstöð og allt að 300 MW varmastöð. Búist er við að hönnun og stærð virkjunarinnar verði svipuð og Nesjavallavirkjun. Rannsóknaboranir eru nú hafnar á svæðinu. Ráðgert framkvæmdasvæði er norðan við Hveradali. Svæðið nær frá Kolviðarhóli og Sleggjubeinsdal í vestri um sunnanvert Stóra-Skarðsmýrarfjalli austur að Litla-Skarðsmýrarfjalli. Það markast af Stóra-Reykjafelli að suðvestan og nær suður fyrir Gígahökkur. Framkvæmdin felur m.a. í sér borun hola og lagningu gufuveitu frá borholum á vinnusvæðinu að fyrirhuguðu stöðvarhúsi. Meðal mannvirkja sem þarf að reisa má nefna skiljustöð og lokahús með gufuháfi, rafstöð og varmastöð. Auk þess þarf að leggja aðveituaeðar frá skiljustöð að stöðvarhúsi, bora kaldvatnsholur, byggja kaldvatnscælustöð og leggja kaldvatnscælar frá stöðvarhúsi. Lagðar verða háspennulína og heitvatnsteiðsla frá virkjuninni.



## Erdwärmekraftwerk auf Hellisheiði

Orkuveita Reykjavíkur - das Energiewerk der Stadt Reykjavík - plant den Bau eines Erdwärmekraftwerkes auf der Hellisheiði südlich des Vulkanes Hengill. Das geplante Kraftwerk wird bis zu 120 MW elektrische und bis zu 300 MW thermische Energie erzeugen können und ist sehr ähnlich wie das Kraftwerk in Nesjavellir. Momentan werden Explorationsbohrungen in das geothermische Gebiet abgetäuft. Das geplante Produktionsgebiet wird nördlich von Hveradalir liegen. Das gesamte Einzugsgebiet reicht jedoch von Kolviðarhóll und dem Tal Sleggjubeinsdalur im Westen über das stüdlíche Gebiet Stóra-Skarðsmýrarfall und im Osten bis nach Litla-Skarðsmýrarfall. Im Südwesten wird es von Stóra-Reykjafell begrenzt und reicht bis südlich von Gígahnúkur. Der Bau bestehen u.a. aus der Bohrung von Förderlöcher und der Verlegung von Dampfleitungen vom Förderbereich zum geplanten Kraftwerk. Für das Kraftwerk werden eine Separatorenstation mit Dampfregulierung und das Kraftwerksgebäude mit Dampf turbinen und Wärmetauschern gebaut. Ferner werden Leitungen für Dampf und geothermisches Wasser von der Separatorenstation zum Kraftwerksgebäude verlegt. Weiterhin wird eine Frischwasserversorgung gebaut und eine Hochspannungs- und eine Heisswasserleitung nach Reykjavík verlegt.

## Geotermisk kraftanlegg på Hellisheiði

Reykjavík Energiverk (Orkuveita Reykjavíkur) har planer om å gjennomføre en etappevis utbygging av et geotermisk kraftanlegg på Hellisheiði sør for Hengill. Det planlagte utbyggingsområdet ligger nord for Hveradalir. Ifølge planene skal det bygges et kraftverk på inntil 120 MW og et fjernvarmeverk på inntil 300 MW. Det antas at kraftanlegget vil bli like stort som anlegget på Nesjavellir. Man har nå startet med prøveboringer i området. Området strekker seg fra Kolviðarhóll og Sleggjubeinsdalur i vest, sør for Stóra-Skarðsmýrarfall og østover til Litla-Skarðsmýrarfall. Det avgrensas av Stóra-Reykjafell i sørvest og strekker seg sør for Gígahnúkur. Forberedelsene til et dampkraftanlegg som skal produsere elektrisitet og varmtvann, er kommet i gang. Utbyggingen innebærer bl. a. boring av et produksjonshull og legging av en ledning for damp fra borehullene i produksjonsområdet bort til det planlagte kraftanlegget. Blant de bygninger som det er nødvendig å oppføre ved kraftanlegget, kan nevnes separatorstasjon og ventilhus med damprigg, kraftstasjon og fjernvarmestasjon. I tillegg til dette må det legges til førselsrør fra separatorstasjonen til stasjonsbygningen, bores hull for kaldtvann, bygges pumpestasjon for kaldtvann og legges rør for kaldtvann til stasjonsbygningen. Videre er det nødvendig å bore nedfallshull for spillvannet fra kraftanlegget og i tillegg legge høyspentlinje og varmtvannsrør fra anlegget.

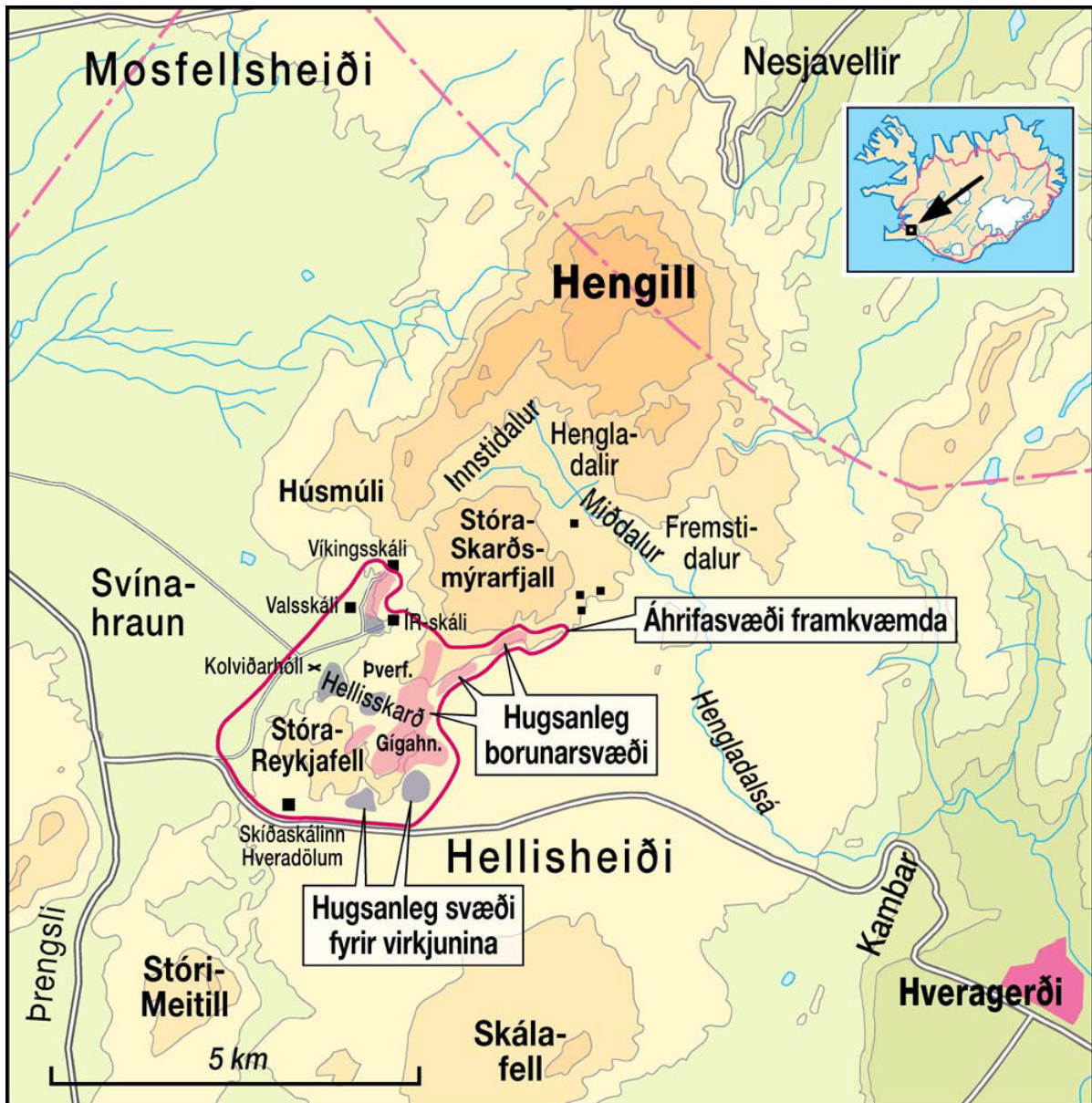
## Une centrale géothermique à Hellisheiði

La Compagnie de Distribution d'Énergie de la Ville de Reykjavík projette la construction par phases d'une centrale géothermique à Hellisheiði au sud du massif de Hengill. La puissance de la centrale sera équivalente à celle de Nesjavellir. Les forages expérimentaux ont déjà été démarrés. La zone concernée, au Nord de Hveradalir, s'étend de Kolviðarhóll et Sleggjubeinsdalur à l'ouest à Litla-Skarðsmýrarfall à l'est en couvrant le sud de Stóra-Skarðsmýrarfall. Au sud ouest, elle est délimitée par Stóra-Reykjafell et au sud englobe Gígahnúkur. Les études pour cette centrale de production utilisant la vapeur très haute température ont été lancées et deux unités sont prévues, une centrale électrique pouvant produire 120 MW et une centrale d'eau chaude pouvant fournir 300 MW. La réalisation de ce complexe nécessitera le forage de puits de production et la pose de canalisations amenant la vapeur de ces puits à la future centrale géothermique. Les bâtiments de la centrale abriteront entre autres une unité de séparation eau/vapeur et une station de pompage, complétées par un extracteur de vapeur, une turbine électrique et un échangeur de chaleur. Il sera nécessaire de poser des conduites d'alimentation entre les puits et la centrale, pour l'approvisionnement en eau froide de forer des puits de captage, construire une station de pompage et de poser les canalisations l'amenant à la centrale. Enfin, des puits de recyclage seront forés pour recueillir les eaux d'évacuation, et une ligne à haute tension ainsi qu'un pipe line de distribution de l'eau de chauffage transporteront l'énergie produite.

## Centrale geotermica a Hellisheiði

L'Ente per L'Energia Elettrica di Reykjavík (Orkuveita Reykjavíkur) ha intenzione di costruire una centrale geotermica razionalizzata a Hellisheiði, a sud del monte Hengill. Il progetto prevede la realizzazione di una centralina elettrica di 120 MW e di una centrale geotermica fino a 300 MW. Si prevede che la centrale sarà grande quanto quella di Nesjavellir. Trivellazioni di ricerca sono già state avviate nella zona. L'area dei lavori in questione si trova a nord della valle di Hveradalir. Tale cantiere va dal Kolviðarhóll e dalla valle di Sleggjubeinsdalur a ovest, passa a sud per la montagna di Stóra-Skarðsmýrarfall e ad est alla Litla-Skarðsmýrarfall. I confini di sud-ovest sono la Stóra-Reykjafell, e a sud il cratere di Gígahnúkur. I lavori preliminari per la costruzione di una centrale geotermica, attivata con il vapore proveniente dal sottosuolo, sono a buon punto, e forniranno energia e acqua calda. L'opera prevede tra l'altro la trivellazione di pozzi di lavorazione e la posa di condutture per il vapore dai pozzi trivellati nel cantiere fino all'area della prevista centrale. Tra gli edifici da erigere ci saranno il complesso per la separazione di acqua calda e vapore, la ciminiera per il vapore, la centrale elettrica e lo stabilimento geotermale. Bisognerà inoltre posare le tubature di accesso dai pozzi alla centrale, trivellare pozzi artesiani, costruire una centrale per pompare acqua fredda e posare tubature per l'acqua fredda fino allo stabilimento. Si debbono inoltre trivellare pozzi per lo scolo delle acque di scarico della centrale, erigere tralicci dell'alta tensione e collocare a terra le tubature dell'acqua calda dalla centrale.

### Jarðvarmavirkjun á Hellisheiði - yfirlitskort



Kort: Morgunblaðið

Orkuveita Reykjavíkur áformar að reisa jarðvarmavirkjun á Hellisheiði sunnan Hengilsins. Áætlað er að byggð verði allt að 120 MW rafstöð og allt að 300 MW varmastöð. Búist er við að hönnun og stærð virkjunarinnar verði svipuð og Nesjavallavirkjun. Rannsóknaboranir eru nú hafnar á svæðinu. Ráðgert framkvæmdasvæði er norðan við Hveradali. Svæðið nær frá Kolviðarhóli og Sleggjubeinsdal í vestri um sunnanvert Stóra-Skarðsmýrarfjalli austur að Litla-Skarðsmýrarfjalli. Það markast af Stóra-Reykjafelli að suðvestan og nær suður fyrir Gígahnúk. Framkvæmdin felur m.a. í sér borun hola og lagningu gufuveitu frá borholum á vinnslusvæðinu að fyrirhuguðu stöðvarhúsi. Meðal mannvirkja sem þarf að reisa má nefna skiljustöð og lokahús með gufuháfi, rafstöð og varmastöð. Auk þess þarf að leggja aðveituæðar frá skiljustöð að stöðvarhúsi, bora kaldavatnsholur, byggja kaldavatnsdælustöð og leggja kaldavatnsæðar að stöðvarhúsi. Lagðar verða háspennulína og heitavatnsleiðsla frá virkjuninni.

## Nánari skýringar á stöðum á korti í spurningakönnun:

- **Pingvellir:** Hér er átt við þjóðgarðinn á Pingvöllum.
- **Botnadalur:** Hringlaga lítið dalverpi sem Grafningsvegur liggur í gegnum. Í dalnum eru upplýsingaskilti um gönguleiðir, afgirt bílastæði og hestaaðhald.
- **Grámelur:** Þar er dælustöð Orkuveitu Reykjavíkur við strönd Pingvallavatns.
- **Ölfusvatn:** Gamlar bæjarrústir Ölfusvatnsbæjarins í túni. Skógræktarsvæði með mörgum skjólgrindum,
- **Tjaldsvæði/Áningarstaður:** Rétt við strönd Pingvallavatns á jörðinni Ölfusvatni.
- **Úlfljótsvatn:** Aðsetur Bandalags íslenskra skáta.
- **Dyradalur:** Stórt dalverpi í Dyrarfjöllum sem Nesjavallavegur liggur í gegnum. Í dalnum eru upplýsingaskilti um gönguleiðir, bílastæði, og vinsælt upphaf gönguleiða á Hengilssvæðinu.
- **Útsýnispallur:** Stór útsýnispallur úr tré á Kýrdalsbrún með útsýni yfir Nesjavallavirkjun og nágrenni. Göngustígur liggur að pallinum úr tveimur áttum.
- **Nesjavellir:** Nesjavallavirkjun - orkuver Orkuveitu Reykjavíkur.
- **Nesbúð:** Gistihús og greiðasala á Nesjavöllum.
- **Marardalur:** Aflangt allstórt slétt dalverpi hömrum girt vestan Hengils.
- **Múlasel:** Sæluhús Orkuveitu Reykjavíkur í Engidal vestan Hengils.
- **Vörðu-Skeggi:** Hæsti tindur Hengils.
- **Innstidalur:** Stórt dalverpi með sléttum botni milli Skarðsmýrarfjalls og Hengils. Mikið jarðhitasvæði og lítil laug í hveragili fyrir miðjum dal.
- **Kattartjarnir:** Tveir stórir sprengigíggar fullir af vatni austan við Hrómundartind. Einnig kallaðir Katlatjarnir.
- **Skíðasvæði ÍTR á Hengilssvæðinu:** Hér er átt við skíðasvæði íþróttafélaganna ÍR í Hamragili, og Víkings og Vals í Sleggjubeinsdöllum.
- **Skátaskálar:** Hér er átt við skátaskála skátaféлага úr Reykjavík sunnan undir Skarðsmýrarfjalli á Hellisheiði.
- **Reykjadalur/ heitur lækur:** Hér er átt við heitan læk í Klambragili efst í Reykjadal, u.þ.b. 6 km norðan við Hveragerði, sem notaður er af útivistarfólki til baða allan ársins hring.
- **Dalasel:** Sæluhús Orkuveitu Reykjavíkur undir Dalskarðshnjúki efst í Reykjadal.
- **Kolviðarhóll:** Bæjarstæði (rústir) samnefnds gistihúss undir Hellisskarði.
- **Varðaðar leiðir:** Tvær varðaðar leiðir eru á Hellisheiði, sem koma saman við sæluhús Landsbjargar á miðri heiðinni.
- **Grændalur:** Stórt dalverpi norðan við Hveragerði með miklum hveraútfellingum í dalbotninum. Dalurinn er einnig nefndur Grænsdalur.

## Símakönnun

### Góða kvöldið/daginn!

Ég heiti ..... og er að vinna að könnun fyrir Rannsóknir og ráðgjöf ferðapjónustunnar. Spurt er um reynslu þína af ferðum um Hellisheiði, Hengilssvæðið og fleira. Hefur þú tíma til að svara nokkrum spurningum? Tekur stutta stund.

(Könnunin er liður undirbúningsrannsóknnum vegna mögulegrar jarðvarmavirkjunar sem yrði staðsett í nágrenni við Kolviðarhól eða á vestanverðri Hellisheiði. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur - **ef fólk vill vita meira**)

Spyrill sér um að svara spurningum 1-3 samkvæmt upplýsingum í úrtakslista – eftir viðtal

1. Kyn: Karl <sub>1</sub> Kona <sub>2</sub>

2. Aldur: \_\_\_\_\_ ára

3. Póstnúmer: \_\_\_\_\_

4. Atvinna: \_\_\_\_\_

*Spurt verður um Hellisheiði (heiðin milli Reykjavíkur og Hveragerðis) og Hengilssvæðið. Hengilssvæðið nær frá Mosfellsheiði og Hellisheiðarvegi að Þingvallavatni, austur að Úlfjótavatni og að Hveragerði. Vera viss um á að fólk átti sig á þessu!*

5 a. Hefur þú farið um Hengilssvæðið eða Hellisheiði til að stunda þar útivist eða affreyningu á síðustu 12 mánuðum? *Gegnumakstur ekki talinn með!*

Nei <sub>1</sub> Já <sub>2</sub>

*Ef svarið er NEI þá svarar þá er næst farið í 7. spurningu og spurt hvort fólk hafi komið að Nesjavöllum, Ölfusvatni og Úlfjótavatni s.l. 12 mánuði.*

b. Ef já. Hve oft? \_\_\_\_\_ skipti --->

Þar af 1.júní - 30.september \_\_\_\_\_ skipti

Á öðrum tímum ársins \_\_\_\_\_ skipti

Í skipulagri ferð (ferðafélag, ferðaskrifstofa ...)? \_\_\_\_\_ skipti

6. Næst er spurt um hvers konar útivist eða affreyningu þú stundaðir á Hellisheiði eða á Hengilssvæðinu á síðustu 12 mánuðum - og í hve mörg skipti? *(Með stuttum gönguferðum er átt við < 3 klst en lengri gönguferðir > 3 klst)*

Skipti s.l. 12 mán.

Skipti s.l. 12 mán.

Bíltúr með stuttum gönguferðum út frá vegum (< 3t) \_\_\_\_\_  
Lengri gönguferðir eftir merktum gönguleiðum (>3t) \_\_\_\_\_  
Hestaferð/útreiðar \_\_\_\_\_  
Vélsleðaferð \_\_\_\_\_  
Skíðaganga \_\_\_\_\_  
Svigs kíði/snjóbretti \_\_\_\_\_  
Jeppaferð (vetur) \_\_\_\_\_

Bað í heitum læk \_\_\_\_\_  
Jarðfræðiskoðun \_\_\_\_\_  
Skoða menningarminjar \_\_\_\_\_  
Fuglaskoðun \_\_\_\_\_  
Ljósmyndun \_\_\_\_\_  
Plöntuskoðun \_\_\_\_\_  
Tína ber/grös/jurtir \_\_\_\_\_  
Veði í ám/vötnum \_\_\_\_\_  
Skotveiði \_\_\_\_\_

7. Næst er spurt um staði á Hellisheiði og Hengilssvæðinu og hvort þú hafir komið þangað á síðustu 12 mánuðum - og í hve mörg skipti?

	Skipti	
Skíðasvæði íþróttafélaganna	_____	(Ofan við Kolviðarhól - ÍR, Vikingur, Valur)
Að sæluhúsi OR í Engidal og Marardal	_____	(Dalir við rætur Hengils á Mofellsheiði)
Skátaskálum við Skarðsmýrarfjall	_____	(Á Hellisheiði)
Að Kattartjörnum	_____	(Tvær tjarnir milli Hveragerðis og Þingvallavatns)
Í Reykjadal eða sæluhúsi OR þar	_____	(Dalur ofan við Hvergerði. Heitur baðlækur)
Í Grændal ofan við Hveragerði	_____	(Næsti dalur austan við Reykjadal)
Að Sæluhúsinu á Hellisheiði	_____	(Við þjóðveginn)
Í Dyradal (stærsti dalurinn í Dyrfjölum)	_____	(Við Nesjavallaveg, stutt frá Nesjavöllum)
<hr/>		
Að Nesjavöllum.	_____	(Jarðvarmavirkjun OR)
Að Ölfusvatni	_____	(Jörð, skammt frá Nesjavöllum. Tjaldsvæði)
Á Úlfjótuvatni	_____	(Miðstöð skáta o.fl.)

8 a. Stundaðir þú einhverja útivist eða afþreyingu á Hellisheiði eða Hengilssvæðinu veturinn 1999-2000, október til apríl? Spurt um þetta vegna þess hve lítill snjór var í fyrravetur.

Já <sub>1</sub> Nei <sub>2</sub>

b. Ef já. Hvers konar útivist/afþreyingu? \_\_\_\_\_

9 a. Telur þú rétt að byggja upp þjónustu eða afþreyingu fyrir ferðamenn og útivistarfólk í tengslum við fyrirhugaða jarðvarmavirkjun á Hellisheiði?

Já <sub>1</sub> Nei <sub>2</sub> Veit ekki <sub>3</sub>

b. Ef já. Hvers konar þjónustu eða afþreyingu?

Sumar \_\_\_\_\_

Vetur \_\_\_\_\_

10 a. Telur þú að fyrirhuguð jarðvarmavirkjun hefði áhrif á upplifun þína af Hellisheiði og Hengilssvæðinu?

Já <sub>1</sub> Nei <sub>2</sub> Veit ekki <sub>3</sub>

b. Ef já. Hvaða áhrif? \_\_\_\_\_

11. Hvaða áhrif telur þú að virkjunin hefði á tíðni heimsókna þinna á Hellisheiði og Hengilssvæðið? Gegnumakstur undanskilinn.

Kæmi sjaldnar <sub>1</sub> Kæmi jafn oft <sub>2</sub> Kæmi oftar <sub>3</sub> Veit ekki <sub>4</sub>

12 a. Hefur þú einhvern tímann komið að Nesjavöllum eftir að virkjunin kom þar árið 1990? Sleppa þessum lið hjá þeim sem komu að Nesjavöllum síðastliðna 12 mánuði.

Nei <sub>1</sub> Já <sub>2</sub>

b. Ef já. Ertu með tillögur um nýja eða bætta þjónustu við ferðamenn á Nesjavöllum?

Nei <sub>1</sub> Já <sub>2</sub>

c. Ef já. Hvaða tillögur? \_\_\_\_\_

Kærar þakkir fyrir aðstoðina!



## Nesjavallakönnun

Verið er að vinna að undirbúningsrannsóknunum fyrir Orkuveitu Reykjavíkur vegna fyrirhugaðrar jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði. Við þá vinnu þarf að afla fjölpættra gagna. Tilgangurinn með þessari könnun er að skoða möguleg áhrif virkjunarinnar á ferðaþjónustu og útivist á Hellisheiði og Hengils-svæðinu. Umsjón með framkvæmd könnunarinnar er í höndum fyrirtækisins Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar.

**Þú ert beðinn um að skoða vel myndir og texta um fyrirhugaða jarðvarmavirkjun áður en þú svarar könnuninni.**

Þátttaka þín er mikilvæg og farið verður með allar upplýsingar sem trúnaðarmál.

- Kyn:** Karl <sub>1</sub> Kona <sub>2</sub>
- Aldur:** \_\_\_\_\_ ár
- Atvinna:** \_\_\_\_\_
- Menntun eftir grunnskóla:** < 2ár <sub>1</sub> 2-4 ár <sub>2</sub> 5-8 ár <sub>3</sub> >8 ár <sub>4</sub>
- Hvar býrðu (sveitarfélag):** \_\_\_\_\_
- Hve lengi stendur ferðin:** \_\_\_\_\_ nætur \_\_\_\_\_ klst (dagsferðamenn)
- Með hverjum ferðast þú? Merktu við fleira en eitt ef það á við.**

Einn á ferð	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Öðrum ættingjum / vinum	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
Maka / sambúanda	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	Vinnu-/klúbbfélögum	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Fjölskyldu með barn/börn	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	Ferðafélögum í skipul. hópferð	<input type="checkbox"/> <sub>6</sub>

Öðrum: \_\_\_\_\_
- Hvers konar ferðalagi ertu á? Merktu við fleira en eitt ef það á við.**

Frí	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	Heimsókn	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>
Vinna	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	Námskeið/ráðstefna	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>

Annað: \_\_\_\_\_
- Hvernig telur þú að nýta eigi raforku frá jarðvarmavirkjunum? Merktu við alla þætti.**

	Mjög fylgjandi	Fremur fylgjandi	Fremur andvígur	Mjög andvígur	Veit ekki
Til stóriðju	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Til smáiðnaðar	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Til almenningsnota	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Til vetnisframleiðslu	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Til útflutnings um sæstreng	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

Anna- útskýrðu: \_\_\_\_\_

10. Hvað finnst þér um eftirtalda þætti sem tengjast, eða geta tengst, jarðvarmavirkjunum?  
Merktu við alla þætti.

Mannvirki	Mjög jákvætt	Fremur jákvætt	Fremur neikvætt	Mjög neikvætt	Veit ekki
Borholur	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Leiðslur	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Hávaði	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gufustrókar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Stöðvarhús	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Kæliturn	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Þjónusta	Mjög mikilvægt	Fremur mikilvægt	Fremur léttvægt	Óþarfi	Veit ekki
Baðlón / sundlaug	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Fræðslumiðstöð	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gönguleiðamerkingar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Ferðir með leiðsögn	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Veitingar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gisting	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Útsýnispallur með fræðsluskiltum	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

11. Hver er skoðun þín á eftirfarandi fullyrðingum? Merktu við allt.

	Sammála	Hlutlaus	Ósammála	Veit ekki
Virkjun á Hellisheiði eykur möguleika á nýsköpun í ferðaþjónustu.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
Virkjun á Hellisheiði og uppbygging ferðaþjónustu í nágrenninu fara vel saman.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
Jarðvarmavirkjanir eru betri kostur en vatnsaflsvirkjanir.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
Það er rétt að nýta gufuafl á Hengilssvæðinu til raforkuframleiðslu.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

12. Ef fræðslumiðstöð rís í tengslum við virkjun á Hellisheiði til að kynna svæðið (Hellisheiði og Hengilinn) - á hvað ber að leggja áherslu í fræðslunni? Merktu við allt.

	Mjög mikilvægt	Fremur mikilvægt	Fremur léttvægt	Óþarfi	Veit ekki
Nýtingu jarðvarma	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gönguleiðir	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Dýralíf	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gróðurfar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Jarðfræði	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Sögu og menningu	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Fornminjar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Annað - útskýrðu: \_\_\_\_\_

13 a. Hefur þú farið um fyrirhugað framkvæmdasvæði virkjunar á Hellisheiði, á síðustu 12 mánuðum? Framkvæmdasvæðið er skástrikað með rauðum lit á kortinu.

Já  1 Nei  2

b. Ef já. Í hvaða tilgangi? \_\_\_\_\_

14 a. Telur þú að fyrirhuguð jarðvarmavirkjun á Hellisheiði hefði áhrif á upplifun þína af Hellisheiði / Hengilssvæðinu?

Já <sub>1</sub> Nei <sub>2</sub> Veit ekki <sub>3</sub>

b. Ef já. Hvaða áhrif? \_\_\_\_\_

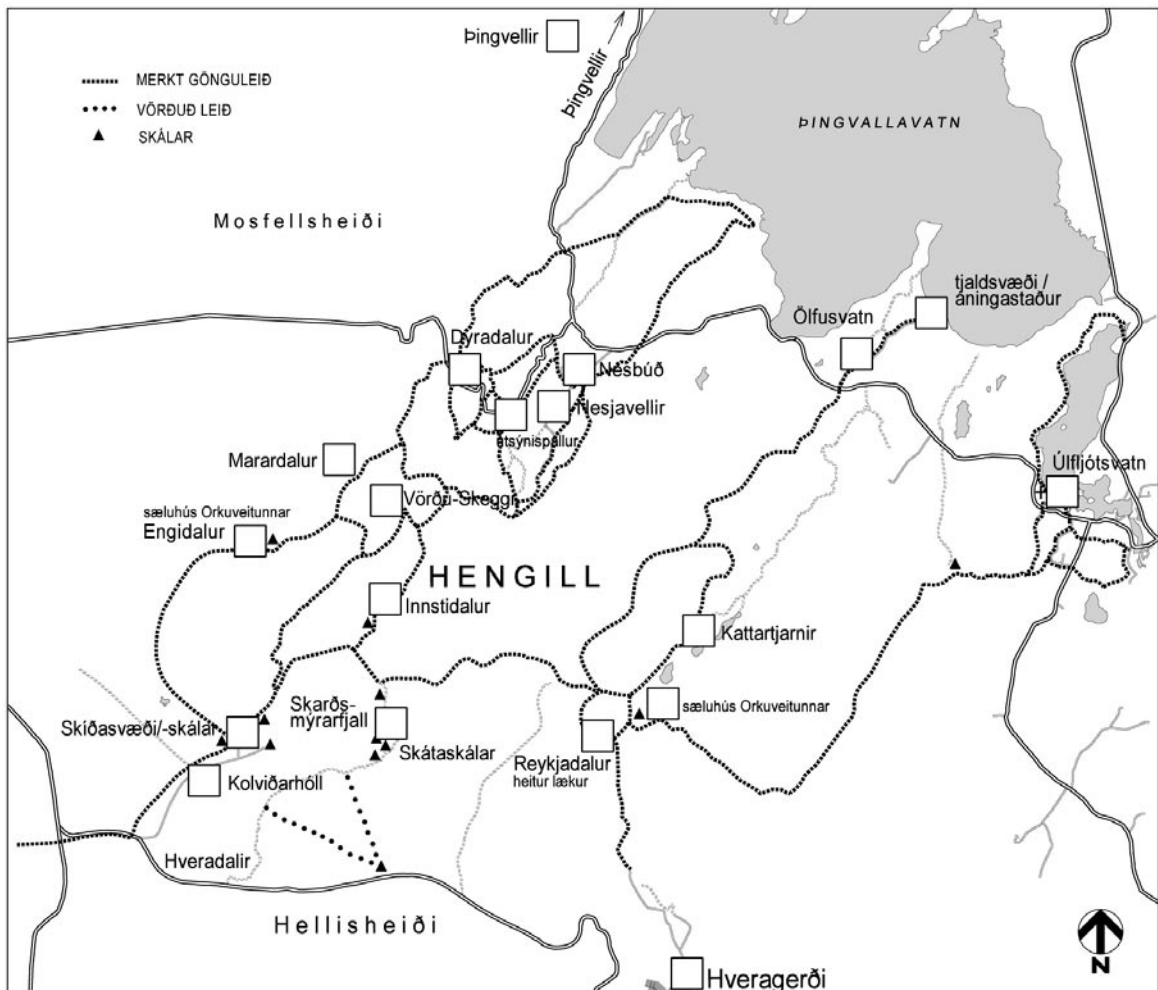
15. Hvaða áhrif telur þú að fyrirhuguð virkjun á Hellisheiði hefði á tíðni heimsóknna þinna á Hellisheiði / Hengilssvæðið? *Gegnumakstur undanskilinn.*

Kæmi sjaldnar <sub>1</sub> Kæmi jafn oft <sub>2</sub> Kæmi oftar <sub>3</sub> Veit ekki <sub>4</sub>

16. Hvaða afþreyingu stundaðir þú á Hellisheiði / Hengilssvæðinu í þessari ferð - eða ætlar þér að gera? *Merktu við allt sem þú gerðir eða nýttir þér.*

Gönguferð á eigin vegum	<input type="checkbox"/>	Jarðfræðiskoðun	<input type="checkbox"/>
Skoðunarferð með leiðsögn	<input type="checkbox"/>	Skoðaði menningarminjar	<input type="checkbox"/>
Hestaferð	<input type="checkbox"/>	Fuglaskoðun	<input type="checkbox"/>
Bað í heitri uppsprettu	<input type="checkbox"/>	Plöntuskoðun	<input type="checkbox"/>
Ljósmyndun	<input type="checkbox"/>	Tína ber/grös/jurtir	<input type="checkbox"/>
Gestmóttöku Nesjavöllum	<input type="checkbox"/>	Annað: _____	

17. Merktu við alla þá staði á kortinu sem þú hefur skoðar / haft viðdvöl á í ferðinni - eða ætlar þér að gera.



18 a. Hefur þú nýtt þér kortið „Gönguleiðir á Hengilssvæðinu“? Nei <sub>1</sub> Já <sub>2</sub>

b. Ef já. Notar þú kortið í þessari ferð? Nei <sub>1</sub> Já <sub>2</sub>

19 a. Hefur þú komið að virkjuninni á Nesjavöllum?

Nei <sub>1</sub> Ef svarið er nei þá hefur þú lokið þátttöku í þessari könnun.

Já <sub>2</sub> ----> b. Hve oft? \_\_\_\_\_

c. Hefur þú nýtt þér fræðslu gestamóttökunnar á Nesjavöllum? Nei <sub>1</sub> Já <sub>2</sub>

20. Hvað finnst þér um þjónustu við ferðamenn á Nesjavöllum? Merktu við allt.

	Mjög gott	Fremur gott	Fremur slakt	Mjög slakt	Veit ekki
Gestamóttaka	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Gönguleiðakort	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Gönguleiðamerkingar	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Hreinlætisaðstaða	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Umgengni / frágangur	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
Nesbúð (veitingar)	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

Útskýrðu: \_\_\_\_\_

21 a. Telur þú vanta einhverja þjónustu fyrir ferðamenn á Nesjavöllum?

Nei <sub>1</sub> Já <sub>2</sub> ----> b. Hvaða þjónustu? \_\_\_\_\_

Bestu þakkir fyrir þátttökuna!

**The geothermal plant at Hellisheiði heaths and at Nesjavellir**

Preparatory research is in progress for Reykjavík Energy regarding a planned geothermal plant on the Hellisheiði Heaths. Preparations are needed to gather a variety of data. The purpose of this survey is to examine the possible impact of the plant on tourism and outdoor recreation at the Hellisheiði and Hengils area. The survey is conducted by the firm Tourism Research and Consulting.

**You are asked to thoroughly look at the pictures and read the text on the planned geothermal plant before you reply to the survey.**

Your participation in this survey is very important and all information will be treated as confidential.

1. **Sex:** Male <sub>1</sub> Female <sub>2</sub>
2. **Age:** \_\_\_\_\_ in years
3. **Secondary education (after mandatory level):**  
 < 2 years <sub>1</sub> 2-4 years <sub>2</sub> 5-8 years <sub>3</sub> >8 years <sub>4</sub>
4. **Country of residence:** \_\_\_\_\_
5. **How many nights are you staying in Iceland?** \_\_\_\_\_ nights
6. **What is the nature of your visit to Iceland? Tick more than one answer if appropriate.**  
 Holiday <sub>1</sub> Work / business <sub>3</sub>  
 Visiting friends/relatives <sub>2</sub> Course / conference <sub>4</sub>  
 Other (please specify) \_\_\_\_\_
7. **What are your travelling arrangements?**  
 Private travel <sub>1</sub>  
 Group tour <sub>2</sub>  
 Other: \_\_\_\_\_
8. **Who are you travelling with? Tick more than one answer if appropriate.**  
 Alone <sub>1</sub> Relatives / friends <sub>4</sub>  
 Spouse / partner <sub>2</sub> Companions from work, club, etc. <sub>5</sub>  
 Family with child(ren) <sub>3</sub> Companions on organized tour <sub>6</sub>  
 Other: \_\_\_\_\_
9. **How do you feel electricity from the geothermal plant should be used? Mark any appropriate.**

	<i>Very sympathetic</i>	<i>Rather sympathetic</i>	<i>Rather opposed</i>	<i>Very opposed</i>	<i>Don't know</i>
For major industry	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
For small industry	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
For general purposes	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
To produce hydrogen	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>
For export via undersea cable	<input type="checkbox"/> <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/> <sub>5</sub>

Other – please clarify: \_\_\_\_\_



10. What is your opinion on the following aspects which are, or might be, involved with geothermal plants? Mark any appropriate aspect.

**Man-made structures**

	<i>Very positive</i>	<i>Rather positive</i>	<i>Rather negative</i>	<i>Very negative</i>	<i>Don't know</i>
Blowing boreholes	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Pipes	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Noise	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Steam clouds	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Station powerhouse	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Cooling tower	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

**Services**

	<i>Very important</i>	<i>Rather important</i>	<i>Rather superficial</i>	<i>Unnecessary</i>	<i>Don't know</i>
Lagoon for bathing	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Educational centre	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Marked hiking trails	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Guided tours	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Restaurant	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Accommodation	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Viewing platform for view of the geothermal site	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

11. What is your opinion on the following statements? Put a mark for every statement.

	<i>Agree</i>	<i>Neutral</i>	<i>Disagree</i>	<i>Don't know</i>
Hellisheiði geothermal plant increase the possibility of innovation in tourism.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
Hellisheiði geothermal plant and expansion of the local tourist industry can fit together well.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
Geothermal power stations are a better option than hydropower stations.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4
It is right to harness geothermal steam power in the Hellisheiði heat for electricity production.	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4

12. If an information centre were built at Hellisheiði to introduce the area (Hellisheiði and Hengils) - what information should be most emphasized? Mark any appropriate.

	<i>Very important</i>	<i>Rather important</i>	<i>Rather superficial</i>	<i>Unnecessary</i>	<i>Don't know</i>
Geothermal uses	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Hiking paths	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Fauna--animals	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Flora--plants	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Geology	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
History and culture	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Archaeology	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Other – please clarify: \_\_\_\_\_

13 a. Do you feel the planned geothermal plant at Hellisheiði might have an impact on your experience at the Hellisheiði / Hengils area?

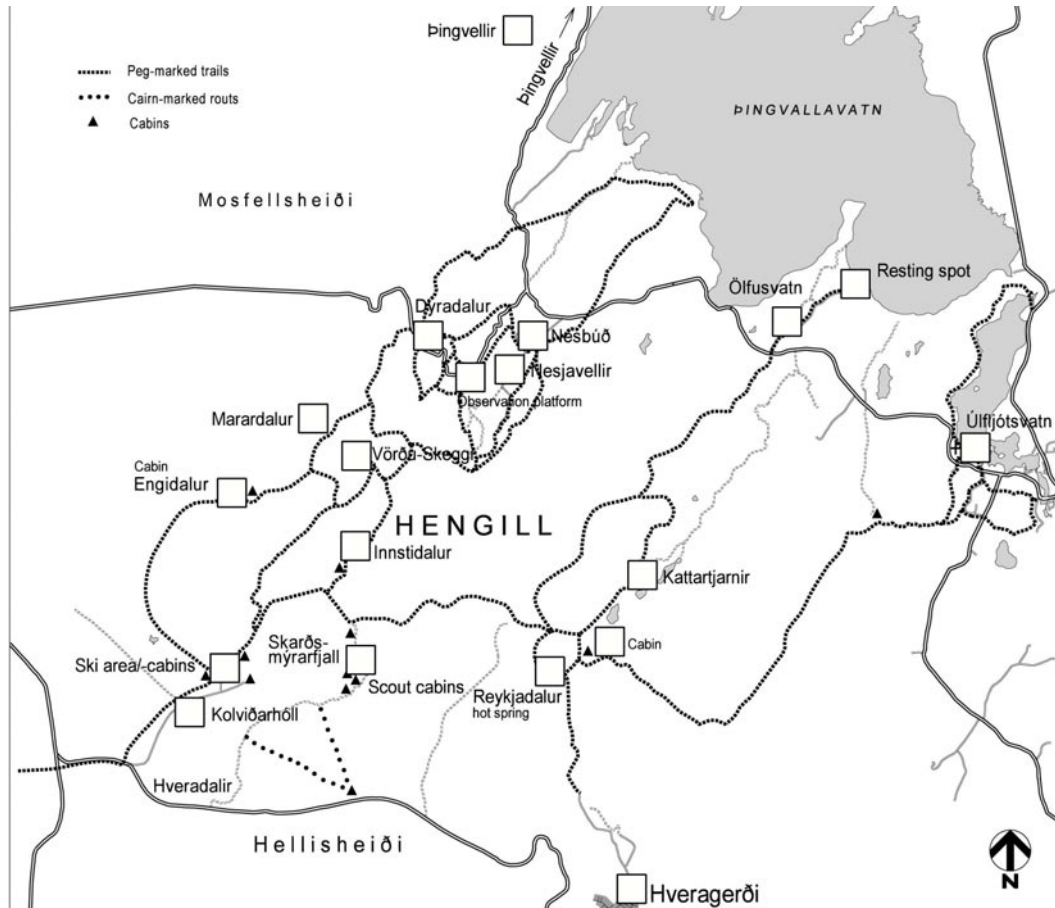
Yes  1 No  2 Don't know  3

b. If yes, what impact? \_\_\_\_\_

14. What impact do you feel the planned geothermal plant at Hellisheiði would have on the frequency of your visits to the Hellisheiði / Hengils area? *Not including through-traffic.*

Fewer visits  1 Same number  2 More often  3 Don't know  4

15. On the map, mark the places that you saw or stopped at - or still plan to? *Mark everything that you did or plan to do.*



16 a. Have you visited the plant at Nesjavellir?  
 No  1 Yes  2 -----> b. How often? \_\_\_\_\_

c. Have you used the reception's information services at Nesjavellir? No  1 Yes  2

17. What is your opinion about visitors' services at Nesjavellir? *Mark any appropriate.*

	Very good	Rather good	Rather poor	Very poor	Don't know
Visitor reception	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Map of hiking trails	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Trail markings	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Sanitary facilities	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Organization/ambiance	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Nesbúð (food services)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Clarification: \_\_\_\_\_

18 a. Do you feel there is a type of service lacking for visitors to Nesjavellir?

No  1 Yes  2 ----> b. What service? \_\_\_\_\_



11 a. Telur þú að fyrirhuguð jarðvarmavirkjun á Hellisheiði hefði áhrif á upplifun þína af Hellisheiði / Hengilssvæðinu?

Já  1 Nei  2 Veit ekki  3

b. Ef já. Hvaða áhrif? \_\_\_\_\_

12. Hvaða áhrif telur þú að virkjun á Hellisheiði hefði á tíðni heimsókna þinna á Hellisheiði / Hengilssvæðið? *Gegnumakstur undanskilinn.*

Kæmi sjaldnar  1 Kæmi jafn oft  2 Kæmi oft  3 Veit ekki  4

13. Hver er skoðun þín á eftirfarandi fullyrðingum? *Merktu við allt.*

*Sammála Hlutlaus Ósammála Veit ekki*

Virkjun á Hellisheiði eykur möguleika á  1  2  3  4

nýsköpun í ferðapjónustu.

Virkjun á Hellisheiði og uppbygging  1  2  3  4

ferðapjónustu í nágrenninu fara vel saman.

Jarðvarmavirkjanir eru betri kostur en  1  2  3  4

vatnsaflsvirkjanir.

Það er rétt að nýta gufuafli á Hengils-  1  2  3  4

svæðinu til raforkuframleiðslu.

14. Ef fræðslumiðstöð rís við virkjun á Hellisheiði til að kynna svæðið

(Hellisheiði og Hengilinn) - á hvað ber að leggja áherslu í fræðslunni?

*Merktu 1 við það sem þér finnst skipta miklu máli, 2 við það sem skiptir nokkru máli og 3 við það sem þér finnst skipta litlu máli. Merktu við alla þætti.*

Nýtingu jarðvarma \_\_\_\_\_ Jarðfræði \_\_\_\_\_

Gönguleiðir \_\_\_\_\_ Sögu og menningu \_\_\_\_\_

Dýralíf \_\_\_\_\_ Gróðurfar \_\_\_\_\_

Forminjar \_\_\_\_\_ Annað - útskýrðu: \_\_\_\_\_

*15. spurning er fyrir þá sem hafa einhvern tímann komið á Nesjavelli.*

15 a. Ertu með tillögur um nýja eða bætta þjónustu við ferðamenn á

Nesjavóllum? Nei  1 Já  2

b. Ef já. Hvaða tillögur? \_\_\_\_\_

## Könnun á höfuðborgarsvæðinu

Verið er að vinna að undirbúningstrannsóknnum fyrir Orkuveitu Reykjavíkur vegna fyrirhugaðrar jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði (í nágrenni Kolviðarhóls eða á vestanverðri heidinni). Tilgangurinn með þessari könnun er að skoða möguleg áhrif virkjunarinnar á ferðapjónustu og útivist á Hellisheiði og Hengilssvæðinu. Umsjón með framkvæmd könnunarinnar hafa Rannsóknir og ráðgjöf ferðapjónustunnar.

Þú ert beðinn um að skoða vel meðfylgjandi mynd og texta um fyrirhugaða jarðvarmavirkjun áður en þú svarar spurningunum.

1. Kyn: Karl  1 Kona  2

2. Aldur: \_\_\_\_\_ ár

3. Búseta - póstnúmer: \_\_\_\_\_

4. Menntun eftir grunnskóla: < 2 ár  1 2-4 ár  2 5-8 ár  3 > 8 ár  4

5. Hver eftirfarandi útivistarsvæða í nágrenni Reykjavíkur telur þú hafa mest gildi fyrir útivist og ferðapjónustu - annars vegar að sumarlagi og hins vegar að vetri? *Merktu 1 við það svæði sem þú telur hafa mikið gildi, 2 við það sem hefur nokkurt gildi og 3 við það svæði sem þú telur hafa lítið gildi. Merktu við alla þætti.*

*Sumar (gildi 1) Vetur (gildi 1-3)*

Bláfjallafólkvangur \_\_\_\_\_

Esjuhlíðar \_\_\_\_\_

Heiðmörk \_\_\_\_\_

Hengilssvæðið \_\_\_\_\_

Reykjanesfólkvangur \_\_\_\_\_

Þingvallapjódgarður \_\_\_\_\_

6 a. Hefur þú farið á Hengilssvæðið / Hellisheiði til að stunda þar útivist eða afþreyingu á síðustu 12 mánuðum? Gegnumakstur ekki meðtalinn.

Nei  1 Já  2

*Ef svoið er NEI þá svarar þú næst 8. spurningu.*

b. Ef já. Hve oft? \_\_\_\_\_ skipti ----> Þar af 1.júní - 30.september \_\_\_\_\_ skipti

Á öðrum tímum ársins \_\_\_\_\_ skipti

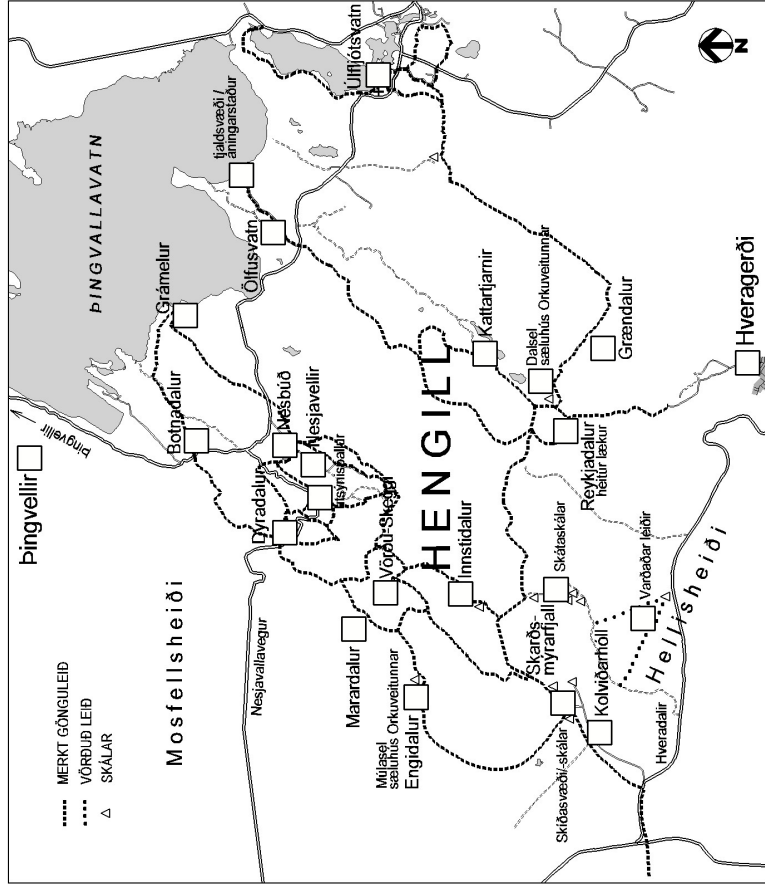
7. Hvaða útvíst eða afþreyingu stundaðir þú á Helligsheiði/Hengillssvæðinu á síðustu 12 mánuðum - og í hve mörg skipti? Merktu við allt sem þú gerðir eða nýttir þér og mundu að spurt er um fjölda skipta.

Skipti s.l. 12 máni.

Skipti s.l. 12 máni.

Bíltur með stuttum gönguferðum út frá vegum	Bað í heitum læk	_____
Lengri gönguferðir eftir merktum gönguleiðum	Jarðfræðiskoðun	_____
Hestaferð/útreiðar	Skoða menningarmiðjar	_____
Vélsleðaferð	Fuglaskoðun	_____
Skíðaganga	Ljósmyndun	_____
Svigskiði/snjóbretti	Plöntuskoðun	_____
Jeppaferð (vetur)	Tína ber/grös/jurtir	_____
	Veði í ám/vötnum	_____
	Skotveiði	_____

8 a. Krossaðu við þá staði á kortinu þar sem þú hefur komið síðustu 12 mánuði. Merktu í tilheyrandi reiti.



b. Merktu við í reitinn ef þú hefur ekki komið á neinn þeirra staða á síðustu 12 mánuðum sem merktir eru á kortið hér á undan.

Ekki komið á neinn þessara staða á s.l. 12 mánuðum

9. Hvernig telur þú að nýta eigi raforku frá jarðvarmavirkjunum? Merktu við alla þætti.

	Mjög fylgjandi	Fremur fylgjandi	Fremur andvígur	Mjög andvígur	Veit ekki
Til stóriðju	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Til smáðnaðar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Til almenningsnota	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Til vetnisframleiðslu	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Til útflutnings um sæstreng	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Til annarra nota - útskýrðu: \_\_\_\_\_

10. Hvað finnst þér um eftirtalda þætti sem tengjast, eða geta tengst, jarðvarmavirkjunum? Merktu við alla þætti.

Mannvirki	Mjög jákætt	Fremur jákætt	Fremur neikætt	Mjög neikætt	Veit ekki
Borplön	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gufuleiðslur	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Hávaði	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gufustrókar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Stöðvarhús	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Kælitum	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Vegir/slóðar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Háspennulínur	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

Þjónusta	Mjög mikilvægt	Fremur mikilvægt	Fremur léttvægt	Óþarfi	Veit ekki
Baðlön / sundlaug	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Fræðslumiðstöð	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gönguleiðamerkingar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Ferðir með leiðsögn	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Veitingar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gisting	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Útsýnispallur (skilti)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
Gölfvöllur	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5



## Vetrarkönnun

Verið er að vinna að undirbúningsrannsóknnum fyrir Orkuveitu Reykjavíkur vegna fyrirhugaðrar jarðvarmavirkjunar á Hellisheiði (í nágrenni Kolviðarhóls eða á vestanverðri heiðinni). Tilgangurinn með þessari könnun er að skoða möguleg áhrif virkjunarinnar á ferðabjónustu og útlivist á Hellisheiði og Hengilssvæðinu. Umsjón með framkvæmd könnunarinnar hafa Rannsóknir og ráðgjöf ferðabjónustunnar.

**Þú ert beðinn um að skoða vel meðfylgjandi mynd og texta um fyrirhugaða jarðvarmavirkjun áður en þú svarar spurningunum.**

Þátttaka þín er mikilvæg og farið verður með svörin sem trúnaðarmál.

1. Kyn: Karl <sub>1</sub> Kona <sub>2</sub>
2. Aldur: \_\_\_\_\_ ár
3. Búseta - póstnúmer: \_\_\_\_\_
4. Menntun eftir grunnskóla: < 2 ár <sub>1</sub> 2-4 ár <sub>2</sub> 5-8 ár <sub>3</sub> > 8 ár <sub>4</sub>
- 5 a. Stundaðir útlivist eða afþreyingu á Hengilssvæðinu eða Hellisheiði á síðasta ári? *Gegnumakstur ekki meðtalinn.*  
Nei <sub>1</sub> Já <sub>2</sub>

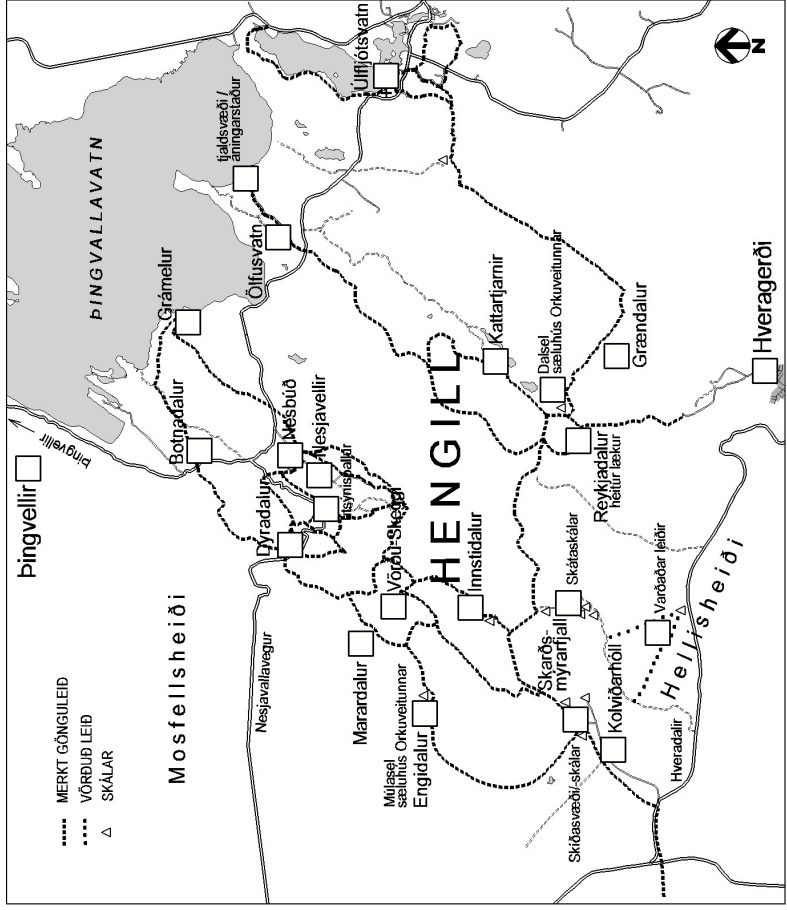
*Ef svarið er NEI þá svarar þú næst 6. spurningu.*

- b. Ef já. Hve oft? \_\_\_\_\_ skipti ---> Þar af 1.júní - 30.september \_\_\_\_\_ skipti  
Á öðrum tímum ársins \_\_\_\_\_ skipti
6. Hverjir eru í föruneyti þínu núna? *Merktu við fleira en eitt ef það á við.*  
Einn á ferð <sub>1</sub> Aðrir ættingjar/vinir <sub>4</sub>  
Maki/sambúandi <sub>2</sub> Vinnu-/klúbbfélagar <sub>5</sub>  
Fjölskylda og barn/börn <sub>3</sub> Aðrir: \_\_\_\_\_

7. Hvers konar útvíst eða afþreyingu stundar þú á Hengilssvæðinu eða Hellisheiði að þessu sinni? *Merktu við allt sem við á.*

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Skíðagöngu   | <input type="checkbox"/> Bíltúr með stuttum göngu-ferðum út frá vegum |
| <input type="checkbox"/> Svígskiði    | <input type="checkbox"/> Lengri gönguferðir                           |
| <input type="checkbox"/> Snjóbretti   | <input type="checkbox"/> Bað í heitum læk                             |
| <input type="checkbox"/> Jeppaferð    | <input type="checkbox"/> Jarðfræðiskoðun                              |
| <input type="checkbox"/> Vélsteiðferð | <input type="checkbox"/> Skoða menningarmínjar                        |
| <input type="checkbox"/> Ljósmyndun   |   |
- Annað gert: \_\_\_\_\_

8. **Krossaðu við þá staði á kortinu sem eru/verða á leið þinni að þessu sinni.**  
*Merktu í tilheyrandi reiti.*



9. Á hverjum af eftirtöldum útvistarvæðum í nágrenni Reykjavíkur hefur þú stundað útvíst á síðustu árum - annars vegar að sumarlagi og hins vegar að vetri? *Merktu við öll svæði, bæði sumar og vetur.*

	Sumar (maí-sept)		Vetur (okt-apríl)	
	Oft	Stundum	Aldrei	Aldrei
Bláfjallafólkvangur	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3
Esjuhlíðar	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3
Heiðmörk	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3
Hengill/Hellisheiði	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3
Reykjanesfólkvangur	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3
Þingvallabjórðgarður	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3

10. a. Telur þú að fyrirhuguð jarðvarmavirkjun á Hellisheiði hefði áhrif á upplifun þína af Hellisheiði / Hengilssvæðinu?  
 Já  1 Nei  2 Veit ekki  3

b. Ef já. Hvaða áhrif? \_\_\_\_\_

11. Hvaða áhrif telur þú að virkjun á Hellisheiði hefði á tíðni heimsóknna þinna á Hellisheiði / Hengilssvæðið? *Gegnumakstur undanskilinn.*  
 Kæmi sjaldnar  1 Kæmi jafn oft  2 Kæmi oftar  3 Veit ekki  4

12. a. Ertu með tillögur um nýja eða bætta þjónustu fyrir vetrarferðamenn á Hengilssvæðinu og Hellisheiði í tengslum við fyrirhugaða virkjun?  
 Nei  1 Já  2

b. Ef já. Hvaða tillögur? \_\_\_\_\_

*15. spurning er fyrir þá sem hafa einhvern tímann komið á Nesjavelli.*

13. a. Ertu með tillögur um nýja eða bætta þjónustu fyrir vetrarferðamenn á Nesjavöllum? Nei  1 Já  2

b. Ef já. Hvaða tillögur? \_\_\_\_\_

*Kærar þakkir fyrir aðstoðina!*

**Grunnvatns- og rennislíkan  
vegna virkjunar á Hellisheiði**

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

03.07  
Nóvember 2003

17.11.2003

Hr. deildarstjóri  
Einar Gunnlaugsson  
Orkuveitu Reykjavíkur  
Bæjarhálsi 1  
110 Reykjavík

**Grunnvatns- og rennislíkan vegna virkjunar á Hellisheiði.**

Á vormánuðum árið 2000 var lokið við gerð á grunnvatns- og rennislíkani fyrir höfuðborgarsvæðið. Að verkinu stóðu eftirtaldir aðilar á höfuðborgarsvæðinu: Borgarverkfræðingurinn í Reykjavík, Orkuveita Reykjavíkur, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær og Mosfellsbær. Orkuveita Reykjavíkur tók síðan að sér að standa straum af kostnaði við árlega endurskoðun líkansins og hefur sú vinna farið fram árlega síðan.

Orkuveita Reykjavíkur áformar að reisa nýja jarðvarmavirkjun á Hellisheiði í sveitarfélaginu Ölfusi. Áætlað er að raforkuframleiðsla virkjunarinnar muni nema 120 MW og varmaframleiðsla allt að 400 MW. Fyrir þessa stærð af virkjun er þörf á allt að 2000 L/s af köldu vatni og losa þarf frá virkjuninni allt að 800 L/s af skiljuvatni. Í því skyni að kanna áhrif þessarar vatnstöku á grunnvatnshæð voru boraðar 23 rannsóknarholur á áhrifasvæði virkjunarinnar, og hefur grunnvatnshæð verið mæld í þeim reglulega frá því í september 2001. Þessar upplýsingar hafa verið settar inn í grunnvatnslíkanið af höfuðborgarsvæðinu og það stillt af miðað við melda grunnvatnshæð. Síðan voru athugaðar í líkaninu mismunandi vatnstöku- og niðurrennisstaðir til að kanna áhrif vatnstöku og niðurrennis á nærliggjandi svæði og vatnsból.

Niðurstöður útreikninga sýna að heppilegasti vatnstökustaður er við Engidalskvísl og niðurrennisli í Þrengslum. Þynningarsvæði er skilgreint í skýrslunni og ákvarðast það af styrk arsens í skiljuvatni. Þynningarsvæðið er alls staðar fjarri vatnsbólum sveitarfélaga og hugsanleg viðbótarvatnstaka í nágrenni Þorlákshafnar breytir engu þar um.

Við vonum að ofangreindar upplýsingar komi að gagni og erum að sjálfsögðu reiðubúnir til frekara samstarfs ef óskað er.

Virðingarfyllst,



Snorri Páll Kjaran



Eric M. Myer

**EFNISYFIRLIT**

<b>EFNISYFIRLIT .....</b>	<b>3</b>
<b>MYNDASKRÁ .....</b>	<b>4</b>
<b>TÖFLUSKRÁ.....</b>	<b>12</b>
<b>1. INNGANGUR.....</b>	<b>13</b>
<b>2. SVÆÐISLÝSING .....</b>	<b>14</b>
<b>3. MÆLINGAR .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Mælingar á grunnvatnshæð .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Rennslis- og lindamælingar .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Vatnsvinnsla .....</b>	<b>19</b>
<b>3.4 Veðurmælingar .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5 Jarðfræði.....</b>	<b>20</b>
<b>4. RENNSLISLÍKAN .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Yfirborðsrennislíkan.....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Grunnvatnslíkan – eitt lag .....</b>	<b>22</b>
<b>4.3 Grunnvatnslíkan – sex lög.....</b>	<b>25</b>
<b>5. VATNSTAKA FYRIR JARÐVARMVIRKJUN Á HELLISHEIÐI OG LOSUN SKILJUVATNS .....</b>	<b>25</b>
<b>HEIMILDASKRÁ.....</b>	<b>28</b>
<b>MYNDIR.....</b>	<b>30</b>



## MYNDASKRÁ

1.	Líkansvæði.....	31
2.	Staðsetning borhola og dæluhola.....	32
3.	Staðsetning borhola og dæluhola.....	33
4.	Staðsetning borhola og dæluhola í nágrenni Elliðavatns.....	34
5.	Staðsetning borhola og dæluhola í nágrenni Elliðavatns.....	35
6.	Staðsetning borhola og dæluhola í Vatnsendakrika.....	36
7.	Staðsetning borhola og dæluhola í Kaldárbotnum.....	37
8.	Staðsetning borhola og dæluhola á Hengilsvæði.....	38
9.	Staðsetning borhola við Hveragerði.....	39
10.	Mæld grunnvatnshæð við Þorgeirsstaði í Heiðmörk, hola vhm 189.....	40
11.	Mæld grunnvatnshæð við Berhól í Heiðmörk, hola vhm 188.....	41
12.	Mæld grunnvatnshæð við Undanfara í Heiðmörk, hola vhm 187.....	42
13.	Mæld grunnvatnshæð í holu v-7.....	43
14.	Mæld grunnvatnshæð í holu v-18.....	44
15.	Mæld grunnvatnshæð í holu VK-1.....	45
16.	Mæld grunnvatnshæð í holu VK-5.....	46
17.	Mæld grunnvatnshæð í Kaldárseli, hola Va.....	47
18.	Mæld grunnvatnshæð í Kaldárseli, hola Vb.....	48
19.	Mæld grunnvatnshæð í Kaldárseli, hola Vd.....	49
20.	Mæld grunnvatnshæð í Kaldárseli, hola L1.....	50
21.	Mæld grunnvatnshæð í Kaldárseli, hola L2.....	51
22.	Mæld grunnvatnshæð í VA-01.....	52
23.	Mæld grunnvatnshæð í VA-03.....	53
24.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-01.....	54
25.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-02.....	55
26.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-03.....	56
27.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-04.....	57
28.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-06.....	58
29.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-07.....	59
30.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-08.....	60
31.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-09.....	61
32.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-10.....	62
33.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-12.....	63
34.	Mæld grunnvatnshæð í BPH-13.....	64
35.	Mæld vatnshæð í Kleifarvatni.....	65
36.	Mæld vatnshæð í Elliðavatni.....	66
37.	Mæld vatnshæð í Þingvallavatni.....	67
38.	Staðsetning rennslismælingastöðva.....	68
39.	Mælt rennsli í Elliðaám.....	69
40.	Mælt rennsli úr Elliðavatni.....	70
41.	Mælt rennsli í Suðurá.....	71
42.	Mælt rennsli í Hólmsá.....	72
43.	Mælt rennsli í Korpúlfsstaðaá.....	73
44.	Mælt rennsli í Kaldá.....	74
45.	Staðsetning linda.....	75
46.	Heildarvinnsla á höfuðborgarsvæði.....	76
47.	Vinnsla úr holu V-20.....	77

48.	Vinnsla úr holu V-21 .....	78
49.	Vinnsla úr holu V-22 .....	79
50.	Vinnsla úr holu V-23 .....	80
51.	Vinnsla úr holu V-1 .....	81
52.	Vinnsla úr holu V-12 .....	82
53.	Vinnsla úr holu V-13 .....	83
54.	Vinnsla úr holu V-14 .....	84
55.	Vinnsla úr holu V-19 .....	85
56.	Vinnsla úr holu V-5 .....	86
57.	Vinnsla úr holu V-10 .....	87
58.	Vinnsla úr holu V-11 .....	88
59.	Vinnsla úr holu V-3 .....	89
60.	Vinnsla úr holu V-4 .....	90
61.	Vinnsla úr Gvendarbrunnum (GBG) .....	91
62.	Vinnsla úr Gvendarbrunnum (GBN) .....	92
63.	Vinnsla úr Bullaugum .....	93
64.	Vinnsla úr holu í Dýjakrókum .....	94
65.	Vinnsla úr holu við Laxnesdý .....	95
66.	Vinnsla úr Guddulaug .....	96
67.	Vinnsla úr holu VK-1 .....	97
68.	Vinnsla úr holu VK-5 .....	98
69.	Staðsetning veðurmælingastöðva .....	99
70.	Mæld ársúrcoma í Reykjavík .....	100
71.	Mæld meðalúrcoma mánaða í Reykjavík 1 jan. 1972 – 30 júní 2003 .....	101
72.	Mæld ársúrcoma á höfuðborgarsvæði .....	102
73.	Mældur mánaðarmeðalhiti í Reykjavík .....	103
74.	Mældur mánaðarmeðalhiti á Hólmi .....	104
75.	Mældur mánaðarmeðalhiti í Bláfjöllum .....	105
76.	Mældur mánaðarmeðalhiti á Hellsisheiði .....	106
77.	Mældur mánaðarmeðalhiti við Korpu .....	107
78.	Mældur mánaðarmeðalhiti í Skálafelli .....	108
79.	Mældur meðalhiti mánaða í Reykjavík 1 jan. 1972 – 30 júní 2003 .....	109
80.	Mældur meðalhiti mánaða á Hólmi 1 jan. 1972 – 30 júní 2003 .....	110
81.	Mældur meðalhiti mánaða í Bláfjöllum 1 jan. 1972 – 30 júní 2003 .....	111
82.	Mældur meðalhiti mánaða á Hellsisheiði 1 jan. 1972 – 30 júní 2003 .....	112
83.	Mældur meðalhiti mánaða við Korpu 1 jan. 1972 – 30 júní 2003 .....	113
84.	Mældur meðalhiti mánaða í Skálafelli 1 jan. 1972 – 30 júní 2003 .....	114
85.	Samband hita í Reykjavík og á Hólmi ( 1 jan. 1964 – 30 sept. 1983) .....	115
86.	Samband hita í Reykjavík og Bláfjöllum (1 mars 1997 – 30 apr. 1999) .....	116
87.	Samband hita í Reykjavík og á Hellsisheiði (1 mars 1997 – 30 apr. 1999) .....	117
88.	Samband hita í Reykjavík og við Korpu (1 jan. 1995– 31 des. 1998) .....	118
89.	Samband hita í Reykjavík og Skálafelli (1 mars 1997 – 30 apr.1999) .....	119
90.	Ummyndun á Hengilsvæði .....	120
91.	Mælt viðnám á Hengilsvæði (200 m y.s.) .....	121
92.	Hitasvæði .....	122
93.	Meðalársírennsli í nágrenni Elliðavatns (50 m y.s.) .....	123
94.	Meðalársírennsli í nágrenni Bláfjalla (650 m y.s.) .....	124
95.	Meðalársírennsli í nágrenni Esju (850 m y.s.) .....	125
96.	Samanburður á mældum og reiknuðum hita á Hellsisheiði .....	126
97.	Lekt .....	127
98.	Misleitni .....	128

99.	Reiknuð grunnvatnshæð Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs .....	129
100.	Reiknað grunnvatnsrennsli Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs .....	130
101.	Reiknað grunnvatnsrennsli á Hengilsvæði Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs .....	131
102.	Reiknuð grunnvatnshæð Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs .....	132
103.	Reiknað grunnvatnsrennsli Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs .....	133
104.	Reiknað grunnvatnsrennsli á Hengilsvæði Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs .....	134
105.	Staðsetning grunnvatnspversniða .....	135
106.	Þversnið A-A' Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs .....	136
107.	Þversnið B-B' Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs .....	137
108.	Þversnið C-C' Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs .....	138
109.	Þversnið A-A' Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs .....	139
110.	Þversnið B-B' Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs .....	140
111.	Þversnið C-C' Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs .....	141
112.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu vhm189 .....	142
113.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu vhm188 .....	143
114.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu vhm187 .....	144
115.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu V-7 .....	145
116.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu V-18 .....	146
117.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu VK-1 .....	147
118.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu VK-5 .....	148
119.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu Va .....	149
120.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu Vb .....	150
121.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu Vd .....	151
122.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu L1 .....	152
123.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu L2 .....	153
124.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu VA-01 .....	154
125.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu VA-03 .....	155
126.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-01 .....	156
127.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-02 .....	157
128.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-03 .....	158
129.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-04 .....	159
130.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-06 .....	160
131.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-07 .....	161
132.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-08 .....	162
133.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-09 .....	163
134.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-10 .....	164
135.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-12 .....	165
136.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu BPH-13 .....	166
137.	Reiknuð grunnvatnshæð við lindir á Hengilsvæði Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs .....	167
138.	Reiknuð grunnvatnshæð við lindir á Hengilsvæði Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs .....	168
139.	Rennslisþversnið .....	169
140.	Mælt og reiknað rennsli í Elliðaám .....	170
141.	Mælt og reiknað rennsli í Elliðaám 1972 - 1979 .....	171
142.	Mælt og reiknað rennsli úr Elliðavatni .....	172
143.	Mælt og reiknað rennsli úr Elliðavatni 1988 –1995 .....	173

144. Mælt og reiknað rennsli í Suðurá.....	174
145. Mælt og reiknað rennsli í Hólmsá .....	175
146. Mælt og reiknað rennsli í Hólmsá 1988 – 1995 .....	176
147. Mælt og reiknað rennsli í Korpúlfsstaðaá.....	177
148. Mælt og reiknað rennsli í Korpúlfsstaðaá 1988 – 1995.....	178
149. Mælt og reiknað rennsli í Kaldá .....	179
150. Mælt og reiknað rennsli í Elliðaám Meðalrennsli mánaða 1/1/72 – 30/10/01 .....	180
151. Mælt og reiknað rennsli úr Elliðavatni Meðalrennsli mánaða 1/1/72 – 31/12/95 .....	181
152. Mælt og reiknað rennsli í Suðurá Meðalrennsli mánaða 1/1/72 – 3/11/01.....	182
153. Mælt og reiknað rennsli í Hólmsá Meðalrennsli mánaða 1/1/72 – 31/8/01 .....	183
154. Mælt og reiknað rennsli í Korpúlfsstaðaá. Meðalrennsli mánaða 1/1/72 – 31/8/01.....	184
155. Mælt og reiknað rennsli í Kaldá Meðalrennsli mánaða 1/1/72 –15/10/01 .....	185
156. Mælt og reiknað rennsli í Elliðaám Ársmeðalrennsli 1972 - 2000.....	186
157. Mælt og reiknað rennsli úr Elliðavatni Ársmeðalrennsli 1972 – 1995.....	187
158. Mælt og reiknað rennsli í Suðurá Ársmeðalrennsli 1972 – 2000 .....	188
159. Mælt og reiknað rennsli í Hólmsá Ársmeðalrennsli 1972 – 2000.....	189
160. Mælt og reiknað rennsli í Korpúlfsstaðaá Ársmeðalrennsli 1972 – 2000 .....	190
161. Mælt og reiknað rennsli í Kaldá Ársmeðalrennsli 1972 – 2000.....	191
162. Lagaskipting í 6 lög líkan .....	192
163. Snið A-V .....	193
164. Snið N-S .....	194
165. Yfirlitsmynd Tilfelli 1-13 og 17-21 .....	195
166. Yfirlitsmynd Tilfelli 14-16 .....	196
167. Tilfelli 1a Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 100 m dýpi.....	197
168. Tilfelli 1b Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 100 m dýpi.....	198
169. Tilfelli 1b Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 100 m dýpi.....	199
170. Tilfelli 1b Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 100 m dýpi .....	200
171. Tilfelli 1b Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 100 m dýpi.....	201
172. Tilfelli 2 Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 400 m dýpi.....	202
173. Tilfelli 2 Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 400 m dýpi.....	203
174. Tilfelli 2 Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 400 m dýpi.....	204
175. Tilfelli 2 Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 400 m dýpi.....	205
176. Tilfelli 3 Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 300 m dýpi.....	206
177. Tilfelli 3 Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 300 m dýpi.....	207
178. Tilfelli 3 Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 300 m dýpi.....	208
179. Tilfelli 3 Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 300 L/s á 300 m dýpi.....	209







224.	Tilfelli 16 Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 110-180 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi.....	254
225.	Tilfelli 16 Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 110-180 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi.....	255
226.	Tilfelli 16 Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 110-180 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi.....	256
227.	Tilfelli 16 Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 110-180 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi.....	257
228.	Tilfelli 17 Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 400 m dýpi. Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	258
229.	Tilfelli 17 Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi. ....	259
230.	Tilfelli 17 Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 400 m dýpi. Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	260
231.	Tilfelli 17 Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	261
232.	Tilfelli 18 Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 500 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	262
233.	Tilfelli 18 Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 500 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	263
234.	Tilfelli 18 Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 500 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	264
235.	Tilfelli 18 Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 500 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	265
236.	Tilfelli 19 Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70 - 110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi. Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	266
237.	Tilfelli 19 Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70 - 110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi. Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	267
238.	Tilfelli 19 Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70 - 110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi. Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	268
239.	Tilfelli 19 Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70 - 110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi. Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	269
240.	Tilfelli 20 Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi. ....	270
241.	Tilfelli 20 Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi. Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	271

242.	Tilfelli 20 Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	272
243.	Tilfelli 20 Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	273
244.	Tilfelli 9 Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi .....	274
245.	Tilfelli 9 Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi .....	275
246.	Tilfelli 9 Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi .....	276
247.	Tilfelli 9 Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi .....	277
248.	Tilfelli 12 Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	278
249.	Tilfelli 12 Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	279
250.	Tilfelli 12 Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	280
251.	Tilfelli 12 Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 2000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 800 L/s á 400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	281
252.	Tilfelli 21 – eftir 3 mánuði Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	282
253.	Tilfelli 21 – eftir 3 mánuði Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	283
254.	Tilfelli 21 – eftir 3 mánuði Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	284
255.	Tilfelli 21 – eftir 3 mánuði Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	285
256.	Tilfelli 21 – eftir 1 ár Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	286
257.	Tilfelli 21 – eftir 2 ár Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	287
258.	Tilfelli 21 – eftir 3 ár Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	288
259.	Tilfelli 21 – eftir 4 ár Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	289

260.	Tilfelli 21 – eftir 5 ár Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	290
261.	Tilfelli 21 – eftir 6 ár Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	291
262.	Tilfelli 21 Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	292
263.	Tilfelli 21 Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	293
264.	Tilfelli 21 Reiknaður styrkur á 300 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	294
265.	Tilfelli 21 Reiknaður styrkur á 400 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi Niðurrennsli: 400 L/s á 100/400 m dýpi Vatnstaka við Þorlákshöfn: 200 L/s á 25 m dýpi .....	295

## TÖFLUSKRÁ

1.	Mælt vatnsborð (m y.s.) árið 1991 - 2001 .....	17
2.	Mælt vatnsborð (m y.s.) árið 2001 - 2002 .....	18
3.	Mælt vatnsborð (m y.s.) árið 2002 - 2003 .....	18
4.	Meðalrennsli og yfirborðsvatnasvið .....	19
5.	Mæld hæð og rennsli í lindum .....	19
6.	Mæld og reiknuð grunnvatnshæð .....	23
7.	Reiknað rennsli í þversniðum .....	23
8.	Lindarennsli .....	23
9.	Skýrður breytileiki og vatnsjöfnuður .....	25
10.	Lýsing á vatnstöku- og niðurrennslisstöðum .....	26
11.	Styrkur aðalefna í skiljuvatni .....	27
12.	Styrkur snefilefna í skiljuvatni .....	27

## 1. INNGANGUR

Á haustmánuðum 1988 var ákveðið af hálfu sveitarfélaganna á höfuðborgarsvæðinu að gera úttekt á vatnabúskap svæðisins. Tilgangur verksins var að fá heilsteypa mynd af grunnvatnshæð og grunnvatnsrennsli á svæði sem takmarkast af útmörkum sem liggja frá Hraunsnesi um Geldingahraun, Óbrynnishólalbruna og suðurjaðar Húsfellsbruna að Stóra-Kóngsfelli og Bláfjöllum í austri. Þaðan til norðausturs eftir Bláfjöllum og Vífilfelli. Þvert yfir Sandskeið austan Lyklafells upp á Mosfellsheiði. Þaðan áfram til norðurs í Litla-Sauðafell norðaustan við Leirvogsvatn síðan til vesturs eftir Leirvogsánni að Leiruvogi.

Svæðið teygir sig frá sjávarmáli upp í um 900 m y.s. í Esju. Stærð þess er um 540 km<sup>2</sup> og innan þess býr helmingur þjóðarinnar. Séð frá sjónarhóli vatnafræðinnar er megin einkenni svæðisins að yfirborðsvatnaskil og grunnvatnsvatnaskil falla ekki saman. Þannig hverfur stór hluti úrkomunnar sem fellur á vatnasvæði Elliðaáanna útaf vatnasviði þeirra í stað þess að skila sér í árnar.

Niðurstöðum var lýst í skýrslunni “Höfuðborgarsvæði Rennsli og grunnvatnshæð” sem var gefin út í maí 1991. Með skýrslunni fylgdu kort sem sýndu meðalgrunnvatnsstreymi á svæðinu. Líkanið hefur nýst sveitarfélögum við margskonar skipulagningu og til mats á umhverfisáhrifum. Líkanið hefur þann annmarka að vera einungis æstætt grunnvatnslíkan og getur því ekki svarað spurningum varðandi tímaháðar breytingar eins og til dæmis spá um þurrka og áhrif þeirra á rennsli Elliðaáa, flóð á frosna jörð og áhrif þeirra á vatnstöku.

Síðan voru boraðar holur í Bláfjöllum og er ljóst að með tilkomu þeirra fékkst betra mat á hvernig grunnvatnshæð vex frá Heiðmörk til suðausturs að Bláfjallasvæðinu. Einnig er rétt að ítreka að svonefndar vk-holur og siritandi mælur í Heiðmörkinni (VHM187, 188, 189) ásamt holum norðan Kaldárbotna og sunnan Elliðavatns sýna legu grunnvatnsborðsins frá Bláfjallasvæðinu annarsvegar til norðurs að Elliðavatni og hinsvegar til suðurs að Kaldárbotnasvæði. Með þeim upplýsingum er hægt með reiknilíkaninu að meta hvernig grunnvatnsstreymið skiptist til norðurs og suðurs, og þar með hvernig breytt vatnsvinnsla hugsanlega breytir grunnvatnsstraumum í framtíðinni. Einnig lágu nú fyrir nákvæmari jarðfræðikort af svæðinu, sem Orkustofnun gerði fyrir sveitarfélögin, og nýtast þau beint við gerð tímaháðs grunnvatnslíkans af svæðinu.

Af framansögðu er ljóst að tímabært var að endurskoða grunnvatnslíkanið, og breyta því í tímaháð líkan, en næg gögn eru fyrir hendi til að það sé unnt. Því var ákveðið á haustmánuðum 1997 af hálfu sveitarfélaganna á höfuðborgarsvæðinu að endurskoða fyrra grunnvatnslíkan og þróa tímaháð þrívítt grunnvatnslíkan. Við þessa breytingu eykst notkunargildi líkansins til muna. Tímaháð grunnvatnslíkan kemur að miklu gagni við að svara spurningum sem koma upp í auknu samstarfi vatnsveitna á höfuðborgarsvæðinu til að mynda við ákvörðun á nýjum vatnstökustöðum, athugun á samspili vatnstöku og þurrka og við ákvarðanatöku varðandi breytingar á vatnsverndarsvæðum. Þá nýtist líkanið betur en áður við umhverfismat ýmissa framkvæmda á höfuðborgarsvæðinu og við vistfræðilegar rannsóknir eins og t.d. rannsóknir á lífríki Elliðaáanna. Rétt er að hafa í huga að við breytingu á líkaninu úr æstæðu í tímaháð, tekur það til allra rennslisþátta, þar með talið yfirborðsrennslis en ekki einungis grunnvatnsrennslis eins og áður.

Á vormánuðum árið 2000 var lokið við þessa endurskoðun á grunnvatns- og rennslislíkaninu fyrir höfuðborgarsvæðið. Að verkinu stóðu eftirtaldir aðilar á höfuðborgarsvæðinu:



Borgarverkfræðingurinn í Reykjavík, Orkuveita Reykjavíkur, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær og Mosfellsbær. Orkuveita Reykjavíkur tók síðan að sér að standa straum af kostnaði við árlega endurskoðun líkansins og lýsir skýrsla sem gefin var út í ágúst 2001 og desember 2002 endurskoðun líkansins fyrir árin 2000 og 2001.

Orkuveita Reykjavíkur áformar að reisa nýja jarðvarmavirkjun á Helligheiði í sveitarfélaginu Ölfusi. Áætlað er að raforkuframleiðsla virkjunarinnar muni nema 120 MW og varmaframleiðsla allt að 400 MW. Gert er ráð fyrir að virkjunin verði áfangaskipt en ekkert hefur enn verið ákveðið um tilhögun áfangaskiptingar. Stærð fyrsta áfanga rafstöðvar verður væntanlega 40-80 MW. Fyrir þessa stærð af virkjun er þörf á allt að 2000 L/s af köldu vatni og losa þarf frá virkjuninni allt að 800 L/s af skiljuvatni. Í því skyni að kanna áhrif þessarar vatnstöku á grunnvatnshæð voru boraðar 23 rannsóknarholur á áhrifasvæði virkjunarinnar, og hefur grunnvatnshæð verið mæld í þeim reglulega frá því í september 2001. Þessar upplýsingar hafa verið settar inn í grunnvatnslíkanið af höfuðborgarsvæðinu og það stillt af miðað við mældu grunnvatnshæð. Síðan voru athugaðar í líkaninu mismunandi vatnstöku- og niðurrennslistaðir til að kanna áhrif vatnstöku og niðurrennslis á nærliggjandi svæði og vatnsból.

## 2. SVÆÐISLÝSING

Grunnvatnssvæði á höfuðborgarsvæðinu er ein heild og útmörk þess liggja um Esju, Skálafell, norðanverða Mosfellsheiði, Hengil, Helligheiði, Bláfjöll, Brennisteinsfjöll, suður fyrir Kleifarvatn að Vatnsleysuvík (mynd 1).

Helstu ár á svæðinu eru Suðurá, Hólmsá, Elliðaár, Korpa, Úlfarsá, Leirvogsa, Kaldakvísl og Norður-Reykjaá, svo og Kaldá sem er þeirra styst þar sem hún hverfur aftur ofan í hraunið um einn kílómetri frá upptökum sínum í Kaldaárbotnum. Hún er jafnframt eina áin sem telst vera hrein grunnvatnsá. Hinsvegar eru árnar í Mosfellssveitinni væntanlega með mestu dragareinkenni, enda er berggrunnur mun þéttari þar en sunnar á svæðinu.

Stærst vatna á svæðinu er Þingvallavatn þá Elliðavatn, Hafravatn, Langavatn, Rauðavatn og Kleifarvatn auk fjölda smærri vatna. Ýmist eru þessi vötn alveg eða að hluta til í grunnvatnsborði eða fyrir ofan grunnvatnsborð eins og Reynisvatn og Langavatn. Langstærsta vatnsvinnslan á svæðinu er á vegum Orkuveitu Reykjavíkur en hún sér auk Reykjavíkur, Kópavogi og Mosfellsbæ fyrir vatni. Garðabær og Hafnarfjörður hafa sínar eigin vatnsveitur.

Um jarðfræði höfuðborgarsvæðisins hefur mikið verið fjallað og skrifað gegnum árin og er ekki ætlunin að endurtaka það. Sú lýsing sem hér er byggir einkum á skýrslu Vatnsbólnefndar frá 1981 “Vatnsból Reykjavíkur og Vatnasvið Elliðaáanna” svo og á skýrslu frá Verkfræði- og jarðfræðiþjónustunni Stuðli frá í júní 1988 “Athugun á Vatnsbóli í Kaldárbotnum”, og skýrslu Dags Jónssonar, jarðfræðings “Rannsóknir í Kaldárbotnum í ágúst 1986”.

Berggrunnurinn á svæðinu í norðvesturhluta þess er gamall í jarðfræðilegum skilningi. Þar er um að ræða árkarvera bergstafla í Mosfellssveit og elsta hluta grágrýtisins á Reykjavíkursvæðinu. Í árkarvera bergstaflanum skiptast á basalhraunlög, móbergs- og setlög hallandi um 10-20° til SA. Berglög þessi eru að jafnaði illa vatnsleiðandi. Þessi elsti berggrunnur er alsettur sprungum og misgengjum. Óefað gengur árkarvera bergið innundir vatnasvið Elliðaáanna en það virðist dýpka mjög snögglega á því til suðurs ef marka má borholur norðan Elliðavatns. Borholur þessar kenna ekki hins árkarvera grunns fyrr en í 200 m dýpi. Lengst suður sést til berggrunnsins á yfirborði við Krókatjörn.

Auk hins árkarvera berggrunns er elsti hluti grágrýtisins þ.e. sá hluti þess sem nefndur hefur verið Reykjavíkurgrágrýti og nær yfir Seltjarnarnes, Reykjavík, Digranesháls og Arnarnes, svo og Hafnarfjarðargrágrýti sem nær yfir Álftanes og umhverfi Hafnarfjarðar. Grágrýtishraunlög þessi liggja vestan vatnasviðs Elliðaáanna, en þau gætu náð innundir það, undir yngra grágrýti. Þetta á allavega við um Reykjavíkurgrágrýtið. Þar sem þetta elsta grágrýti nær inn á vatnasvið Elliðaáanna undir yngri myndunum, getur hið gamla yfirborð þess skapað lekaleiðir fyrir grunnvatn útaf vatnasviðinu. Með tilliti til líkangerðarinnar einkennist þessi hluti svæðisins af tiltölulega lítilli leiðni jarðlaga.

Vatnasvið Elliðaáanna ofan útfalls úr Elliðavatni er allt innan jarðfræðilegra ungra bergmyndana, sem eru upprunnar í tveimur eldstöðvakerfum kennd við Hengil og Brennisteinsfjöll. Þessi kerfi liggja í stefnu NA-SV og einkennast af misgengis- og gossprungum sem liggja í þá sömu stefnu.

Meginflokkar bergmyndana á svæði Elliðaáanna eru grágrýti, móberg og hraun. Elstu jarðlagaeiningar á vatnasviðinu eru norðan Suðurlandsvegur og ná frá Reynisvatnsheiði austur að Lækjarbotnum þar er grágrýti og breksía. Grágrýtið í Reynisvatnsheiði er líklega sérstakt dyngjuhraun runnið austan eða suðaustan að. Selfjall er nyrst og vestast móbergsfjalla á vatnasviði Elliðaáanna. Það er að langmestu leyti úr móbergsbraksíu. Selfjall er eina móbergið frá eldra jökulskeiði en því síðasta á vatnasviði Elliðaáanna, auk móbergsins kringum Sólheimatjörn. Útbreiddasta einingin á vatnasviði Elliðaáanna eru grágrýtishraunlög, líklega öll frá síðasta hlýskeiði ísaldar. Hér er líkast til um þrjár grágrýtisdyingjur að ræða. Aðeins ein þeirra, Mosfellsheiði, er lítið sem ekki hulin yngri gosmyndunum, en hinar aftur á móti að verulegu leyti kaffærðar. Grágrýti þeim tilheyrandi kemur fram norðan og vestan við Vífilsfell og í Heiðmörk. Mosfellsheiðargrágrýtið nær niður undir Miðdal, Selvatn og Lækjarbotna. Skil milli Mosfellsheiðargrágrýtis og grágrýtis frá dyngjunni sunnan við Sandskeið eru óglögg. Þriðja einingin frá þessu skeiði er Heiðmerkurgrágrýtið. Það kemur fram á yfirborði vestast á vatnasviðinu á skák, sem nær frá Silungapollu suður og austur fyrir Húsfell. Allt þetta unga grágrýti er nokkuð vel vatnsleiðandi. Langbest vatnsleiðni er þar sem ungar misgengissprungur eru hvað þéttastar (Myllulækur, Jaðar) en holur boraðar á heillegri spildum ofar í Heiðmörk hafa reynst mun þéttari.

Á vatnassviðinu er Hengilsvæðið sem er með stærstu jarðhitasvæðum á landinu, eða um 100 km<sup>2</sup>. Það nær yfir tvær megineldstöðvar og nágrenni þeirra. Önnur, Hveragerðiseldstöðin, er útdauð og sundurgrafin. Hin er virk og nær yfir Hengil og Hrómundartind. Hún skiptist í tvær gosreinar. Önnur liggur um Henglafjöll, hin um Hrómundartind. Milli gosreinanna skilur Þverárdalur og Bitra sem fyllt hefur framhald dalsins til suðurs.

Hengilskerfið er yngst og virkast. Frá ísaldarlokum eru þekkt 4-5 sprungugos á þessu svæði. Síðast gaus fyrir um 2000 árum, er hraunið rann á Hellisheiði og Nesjahraun í Grafningi. Þá gaus á 25 km langri sprungu, sem náði frá Eldborg undir Meitlinum, um Hellisheiði, Innstadal og norðaustur í Sandey í Þingvallavatni.

Síðast voru umbrot á Hengilskerfinu árið 1789. Þá gliðnaði og seig spilda á sprungubeltinu, sem liggur yfir Dyrafjöll og Hestvík og þaðan norður yfir Þingvallavatn milli Almagnagjár og Hrafnagjár, um 1-2 m.

Líklegt er að grunnvatnsstreymi á vatnasviðinu bæði ofan af Mosfellsheiði og ofan frá Bláfjöllum sé að mestu leyti bundið við grágrýtið, enda má búast við, að beltaskiptingin í því sé hagstæð fyrir gegnumrennsli vatns. Þétting myndi aðallega vera af völdum jökulleirs, sem sest hefur í holur og glufur bergsins á ísöld.

Á fyrirhuguðu athafnasvæði Orkuveitunnar á Hengilsvæðinu eru vatnaskil þriggja megin grunnvatnsstrauma. Það eru í fyrsta lagi Elliðavatnshraun, sem er grunnvatnsstraumur til vesturs að Elliðavatni og fer hann eftir Leitarhrauni í Elliðavatn og að Jaðar- og Gvendarbrunnasvæði. Í öðru lagi fer Þingvallastraumur til norðurs og beygir í áttina að Þingvallavatni og loks í þriðja lagi fer svokallaður Selvogstraumur til suðurs í áttina til sjávar. Grunnvatnsvatnaskil milli þessara strauma eru ekki föst heldur breytast innan ársins og milli ára eftir því hvernig veðurfar hefur verið.

Hraun runnin eftir ísöld þekja stóran hluta af suðausturhluta vatnasviðsins. Hraun þessi eru upprunnin í sömu eldstöðvarkerfum og móbergið, þ.e. þeim sem ganga gegnum Hengil og Brennisteinsfjöll.

Á síðjökultíma myndaðist stór dyngja Heiðin há, suðaustur af Bláfjöllum. Hraun frá henni ná fast að vatnasviði Elliðavatns allra syðst í króknum vestan undir Bláfjöllum.

Syðsti hluti svæðisins er svæðið kringum Kaldárbotna og þar suðuraf. Umhverfi Kaldárbotna er að mestu þakið ungunum hraunum en í gegnum þau stinga sér móbergsmýndanir t.d. Undirhlíðar og Valahnjúkar. Mikið belti af ungunum misgungum og sprungum liggur um svæðið frá NA til SV, eins og áður hefur komið fram. Þetta sprungubelti er oft nefnt Krísuvíkur – Trölladyngju beltið og liggur frá Krísuvík og Trölladyngju um Kaldárbotna og Hjalla norður undir Hafravatn og Mosfellssveit. Sprungur finnast vestur að Hvaleyrarvatni.

### 3. MÆLINGAR

Við gerð grunnvatnslíkansins er stuðst við mælingar á grunnvatnshæð, vatnshæð í vötnum, rennsli í ám, vatnsvinnslu sveitarfélaga, mælingar á hita og úrkomu auk jarðfræðiathugana og jarðfræðikorta. Hér á eftir verður gerð grein fyrir ofangreindum mælingum.

#### 3.1 Mælingar á grunnvatnshæð

Staðsetning mæliholna og dæluholna sem eru notaðar í líkaninu er sýnd á myndum 2-9. Borholur í næsta nágrenni Elliðavatns eru sýndar á myndum 4 og 5, borholur í Vatnsendakrika á mynd 6, borholur í Kaldárbotnum á mynd 7 og loks borholur á Hengilsvæði og við Hveragerði á myndum 8 og 9. Á mynd 2 sést staðsetning hola VA-01 og VA-03 í nágrenni Þorlákshafnar. Síritandi vatnsborðsmælingar í vhm 189, vhm 188 og vhm 187 eru fengnar hjá Vatnamælingum Orkustofnunar (Orkustofnun Vatnamælingar, 2002) og eru mælingar sýndar á myndum 10-12. Síritandi vatnsborðsmælingar í holum v-7 og v-18 og holum VK-1 og VK-5 á Vatnsendakrikasvæði fengust hjá Orkuveitu Reykjavíkur og eru mælingar sýndar á myndum 13-16. Mælingar í holum Va, Vb, Vd, L1 og L2 í Kaldárseli voru fengnar hjá Vatnsveitu Hafnarfjarðar og eru mælingar sýndar á myndum 17-21. Mælingar í holum við Þorlákshöfn VA-01 og VA-03 ásamt holum við Hveragerði fengust hjá Þórólfi Hafstað á Orkustofnun og eru þær sýndar á myndum 22-34. Eins og áður sagði þá hafa verið boraðar 23 rannsóknarholur á Hengilssvæði (mynd 8) og eru til stakar mælingar á vatnsborði í þeim frá því í september 2001 og þær sýndar í töflum 1-3. Í töflunni eru einnig sýndar stakar vatnsborðsmælingar í holum KH-02, BF02, BF03, BF4/5, SS1/2 og LK01. Sjá myndir 3 og 8 þar sem staðsetning þeirra er sýnd.

Síritandi vatnshæð er mæld í þremur stöðuvötnum á líkansvæðinu, Kleifarvatni, Elliðavatni og Þingvallavatni og eru mælingar fengnar hjá Vatnamælingum Orkustofnunar (Orkustofnun Vatnamælingar, 2002). Þær eru sýndar á myndum 35–37.

Tafla 1. Mælt vatnsborð (m y.s.) árið 1991-2001

Hola	landhæð	25sep91	29maí95	26maí99	18sep01	20sep01	17okt01	18okt01	19okt01	2nóv01	7nóv01	22nóv01	6des01
HK-01	383,17				322,4								322,4
HK-02	390,46					288,19							288,19
HK-03	383,88				344,05								344,05
HK-04	390,9												
HK-05	346,57				234,05								234,05
HK-06	302,9				258,44								258,44
HK-07	267,37							217,67					217,67
HK-08	361,94				308,51								308,51
HK-09	370,24				330,69								330,69
HK-10	365,75					224,31							224,31
HK-11	236,7									206,33			206,33
HK-12	274,42									167,64			167,64
HK-13	283,74									167,64			167,64
HK-14	256,28											168,47	168,47
HK-15	348,15												253,35
HK-16	341,84												
HK-17	225,64												
HK-18	264,07												
HK-19	221,47												
HK-20	311,63												
HK-21	241,55												
KH-02	283,98							278,73					
BF02	384,55		177,25								174,5		
BF03	426,41		192,1										
BF4/5	240			174									
SS1/2	179,03			171,9						166,51			
LK01	233,49	173									167,87		
vhm189	154,77						115,38						
vhm188	107,39							82,86					
vhm187	95,59								84,56				





### 3.2 Rennslis- og lindamælingar

Síritandi rennslismælingar eru til frá Elliðaám (vhm 301), Elliðavatni (vhm 77180), Suðurá (vhm 186), Hólmsá (vhm 185) Korpu (Úlfarsá vhm 81) og Kaldá (vhm 124) og er staðsetning þeirra sýnd á mynd 38. Öll gögn eru fengin hjá Vatnamælingum Orkustofnunar (Orkustofnun Vatnamælingar, 2002). Mælingar eru sýndar á myndum 39-44. Meðalrennsli einstakra staða ásamt stærð yfirborðsvatnasviða eru gefin í töflu 4.

**TAFLA 4. Meðalrennsli og yfirborðsvatnasvið.**

Staður	Tími	Meðalrennsli m <sup>3</sup> /s	Yfirborðsvatnasvið km <sup>2</sup>
Elliðaár (vhm301)	01.01.72- 30.10.01	4,7	289
Elliðavatn (vhm 77180)	01.01.72- 31.12.95	5,0	288
Suðurá (vhm 186)	01.06.72- 03.11.01	0,4	19
Hólmsá (vhm 185)	01.06.72- 31.08.01	2,2	212
Korpa (vhm 81)	01.01.72- 31.08.01	1,5	48
Kaldá (vhm 124)	01.01.72- 15.10.01	1,1	62

Rennslismælingar í Kaldá ná eingöngu til ársins 1983 en eftir það eru mælingar fram- lengdar með línulegri fylgnigreiningu við grunn- vatnshæð í vhm 189. Nokkrar stakar rennslismælingar eru til í Varmá og eru þær á bilinu 0.3 m<sup>3</sup>/s – 0.6 m<sup>3</sup>/s og Kaldakvísl hefur verið mæld fjórum sinnum við Gljúfrastein og reyndist rennslið vera 0.1 – 1.7 m<sup>3</sup>/s.

Yfirborðsvatnasvið Hólmsár er gríðarstórt en mesti hluti úrkomunnar fer ofan í

grunnvatn og rennur síðan útaf vatnasviði árinna. Það hefur hins vegar gerst nokkrum sinnum að jarðvegur frýs og stærri hluti úrkomunnar rennur á yfirborði. Við það skapast stór flóð í Hólmsá og Elliðaánum og hafa stærstu flóð náð allt að 200 m<sup>3</sup>/s rennsli.

Staðsetning linda á Hengilsvæðinu er sýnd á mynd 45. Helstu lindir eru í Henglinum sjálfum og í áttina að Hveragerði og Þorlákshöfn. Upplýsingar um landhæð og rennsli í lindum fengust hjá Þorólfi Hafstað á Orkustofnun og eru þær sýndar í töflu 5.

### 3.3 Vatnsvinnsla

Vatnsvinnsla í Reykjavík á vegum Orkuveitu Reykjavíkur fer fram á Jaðar- og Myllulækjarsvæði og áður fyrr einnig úr holu í Bullaugum og svo nýlega úr Vatnsendakrikasvæði. Staðsetning vinnsluhola er sýnd á myndum 2-6. Í Garðabæ er unnið úr Dýjakrókum og í Hafnarfirði úr holum í Kaldárbotnum, sjá myndir 3 og 7, auk þess sem vinnsla hefur verið úr holu við Laxnesdý og Guddulaug í Mosfellsbæ (mynd 3). Heildarvinnsla er sýnd á mynd 46 og úr einstökum holum á myndum 47-68. Eins og sést af mynd 46 var heildarvatnsvinnsla um 1,2 m<sup>3</sup>/s eða um 20% af meðalrennsli Elliðaánna en frá árinu 1986 dró stöðugt úr vatnsvinnslu en hún jókst aftur og er í dag um 1,2 m<sup>3</sup>/s. Öflug lekaleit og viðgerðir í framhaldi af því hafa því greinilega dregið úr vatnsnotkun á höfuðborgarsvæðinu.

**Tafla 5. Mæld hæð og rennsli í lindum**

Lind	landhæð, m y.s.	rennsli, L/s
A	50	133
B	140	36
C	8	115
D	8	145
E	8	107
F	7	185
G	8	34
H	6	144
I	9	100
J	20	47
K	20	187
L	25	202
M	9	480
N	9	9
O	18	89
P	40	105
Q	220	13
R	200	25
S	280	50
T	260	
Torfad	132	

### 3.4 Veðurmælingar

Staðsetning veðurmælingastöðva sem notaðar eru við líkangerðina er sýnd á mynd 69. Reykjavík er notuð sem bæði úrkoma- og hitamælingastöð en Skálafell, Korpa, Hólmur, Hellisheiði og Bláfjöll eru eingöngu notuð sem hitamælingastöðvar. Mæld ársúrkoma og meðalúrkoma mánaða fyrir Reykjavík er sýnd á myndum 70 og 71. Áætluð ársúrkoma á allt líkansvæðið er sýnd á mynd 72 og byggir áætlunin á veðurstöðvum sem sýndar eru á myndinni auk tíu stöðva fyrir utan svæðið. Úrkoma á hverjum tíma á líkansvæðinu er reiknuð í líkani á eftirfarandi hátt:

$$R(x, y, t) = \frac{R_o(x, y)}{R_r} \cdot R_r(t)$$

þar sem  $R$  er úrkoma á stað  $x, y$  og tíma  $t$ ,  $R_o(x, y)$  er úrkoma á stað  $x, y$  samkvæmt úrkomukorti á mynd 72.  $R_r$  er ársmeðalúrkoma í Reykjavík og  $R_r(t)$  er mæld úrkoma í Reykjavík á hverjum tíma.

Meðaltöl hitamælinga sem eru notuð í líkaninu eru sýnd á myndum 73-84. Mældur mánaðarmeðalhiti á stöðvum er sýndur á myndum 73-78 og meðalhiti einstakra mánaða á myndum 79-84. Líkanreikningar hér á eftir verða gerðir frá 1. janúar 1972 til 30. júní 2003. Hitamælingar á Hólmi, Bláfjöllum, Hellisheiði, við Korpu og í Skálafelli eru eingöngu til hluta þess tíma. Samband þeirra við dagsmeðalhita í Reykjavík er því fundin með línulegri fylgnigreiningu eins og sýnt er á myndum 85-89. Hitamælingar á þessum stöðum þegar gögn vantar eru því búnar til út frá Reykjavík með líkingum sem sýndar eru á ofangreindum myndum.

### 3.5 Jarðfræði

Orkustofnun hefur gert vatnafarskort af höfuðborgarsvæðinu fyrir sveitarfélögin og eru þau gögn notuð við áætlun á lekt jarðlaga og sprungulekt, sjá Árne Hjartarson (1992, 1993, 1994 og 1997). Vatnafarskortin ná eingöngu yfir hluta líkansvæðisins og er þar stuðst við önnur gögn. Á Hengilsvæðinu er byggt á Hengilskorti Kristjáns Sæmundssonar (1995). Þar að auki er stuðst við greiningu jarðlaga í HK-holum, sjá Sigurður Sveinn Jónsson o.fl. (2003). Til að ákvarða nánar útbreiðslu ummyndunar og útfellingar á Hengilsvæði var stuðst við Hengilskort Kristjáns Sæmundssonar (1995) og viðnámskort af Hengilsvæðinu, sjá Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon (2001) og eru myndir 90 og 91 unnar upp af þeim kortum. Með viðnámskortinu fékkst einnig útbreiðsla útfellingar með dýpi og þannig mat á lekt niður eftir jarðlagastaflanum. Við mat á útfellingum og þar með lekt jarðlaga víðar á svæðinu var stuðst við úrvinnslu Hjálmar Eysteinsonar o.fl. á viðnámsmælingum, sjá Hjálmar Eysteinson (1999, 2000 og 2001), Ingvar Þór Magnússon, Hjálmar Eysteinson og Knútur Árnason (2000), Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon (2001) og Ragna Karlsdóttir (1992, 1995, 1997, 1998 og 1999). Á þeim slóðum sem þessi kort ná ekki til var byggt á óbirtum gögnum frá Freysteini Sigurðssyni og Kristjáni Sæmundssyni á Orkustofnun.

## 4. RENNSLISLÍKAN

Hér á eftir verður gerð grein fyrir þremur reiknilíkönum til að líkja eftir rennsli á höfuðborgarsvæðinu. Í fyrsta lagi er notað yfirborðslíkan til að líkja eftir ferli úrkomu til vatnsfalla og grunnvatns. Í öðru lagi er notað einvitt grunnvatnslíkan sem tekur við írennsli frá yfirborðslíkani og reiknar grunnvatnsstreymi í einu lagi og að lokum í þriðja lagi er notað þrívitt grunnvatnslíkan sem líkir eftir grunnvatnsstreymi í sex lögum.

### 4.1 Yfirborðsrennislíkan

Yfirborðsrennislíkan er svokallað veðurennislíkan. Veðurgögn sem notuð eru í líkaninu eru sólarhringsmeðalhiti og úrkoma. Í líkaninu er vatnasvæðum skipt upp í hlutsvæði. Á hverju hlutsvæði eru reiknuð sólarhringsgildi úrkomu útfrá mældri úrkomu í Reykjavík samkvæmt jöfnu í kafla 3.4. Tilsvarendi er gert fyrir hitann, en hitinn á hverju hlutsvæði er reiknaður útfrá hitastigli. Við skiptingu vatnasviða í hlutsvæði er einkum farið eftir þremur hlutum. Í fyrsta lagi er skipt eftir hæðarlínunum. Í öðru lagi er skipt eftir veðurfari, því ekki er til dæmis einhlítt að úrkoma vaxi með hæð. Í þriðja lagi er skipt eftir gróðri, jarðvegi og jarðfræði svæðisins, því að írennsli til grunnvatns er háð þessum þáttum, sem geta verið mjög breytilegir á vatnasviðunum.

Til að ná fram réttum hitastigli er vatnasviðinu skipt upp í fjögur hitasvæði eins og sýnt er á mynd 92 og hitastigull reiknast á einstöku hitasvæði á eftirfarandi hátt;

Svæði A:	$\lambda_A$ hitastigull milli Reykjavíkur og Korpu.
Svæði B:	$\lambda_B$ hitastigull milli Korpu og Skálafells.
Svæði C:	$\lambda_C$ hitastigull milli Hólms og Hellsisheiði.
Svæði D:	$\lambda_D$ hitastigull milli Hólms og Bláfjalla.

Þar sem  $\lambda_A$ ,  $\lambda_B$ ,  $\lambda_C$  og  $\lambda_D$  er hitastigull á 100 metrum. Hiti á einstökum hitasvæðum reiknast á hverjum stað í ákveðinni hæð á eftirfarandi hátt.

1) Svæði A:

$$T_A = T_R - \lambda_A (Z_A - Z_R) / 100$$

þar sem:

$T_A$ :	Reiknaður hiti á hlutsvæði á hitasvæði A
$T_R$ :	Mældur hiti í Reykjavík
$Z_A$ :	Meðal landhæð á hlutsvæði
$Z_R$ :	Hæð hitamælis í Reykjavík

2) Svæði B:

$$T_B = T_K - \lambda_B (Z_B - Z_K) / 100$$

þar sem:

$T_B$ :	Reiknaður hiti á hlutsvæði á hitasvæði B
$T_K$ :	Mældur hiti í Korpu
$Z_B$ :	Meðal landhæð á hlutsvæði
$Z_K$ :	Hæð hitamælis í Korpu

## 3) Svæði C:

$$T_C = T_H - \lambda_C (Z_C - Z_H) / 100$$

þar sem:

$T_C$ :	Reiknaður hiti á hlutsvæði á hitasvæði C
$T_H$ :	Mældur hiti í Hólmi
$Z_C$ :	Meðal landhæð á hlutsvæði
$Z_H$ :	Hæð hitamælis á Hólmi

## 4) Svæði D:

$$T_D = T_H - \lambda_D (Z_D - Z_H) / 100$$

þar sem:

$T_D$ :	Reiknaður hiti á hlutsvæði á hitasvæði D
$T_H$ :	Mældur hiti í Hólmi
$Z_D$ :	Meðal landhæð á hlutsvæði
$Z_H$ :	Hæð hitamælis á Hólmi

Við skiptingu í hlutsvæði vegna mismunandi írennslis til grunnvatns er stuðst við fyrrgreind vatnafars- og viðnámskort. Vatnasviðinu hefur verið skipt upp í 326 hlutsvæði. Á hverju hlutsvæði reiknar líkanið síðan úrkomu, hita, uppgufun, snjósöfnun, snjóbráð, írennsli til grunnvatns, yfirborðsrennsli og millirennslis. Írennsli til grunnvatns er notað beint í þeim grunnvatnslíkönunum sem lýst er hér á eftir og gefa þeir reikningar grunnvatnshæð og grunnvatnsrennsli. Yfirborðs- og millirennslis fyrir hvert hlutsvæði á vatnasviði einstakra vatnsfalla eru lögð saman til að gefa rennsli þeirra. Útreikningar eru gerðir á dagsgrunni og miðast við tímabilið 1. janúar 1972 til 30. júní 2003.

Niðurstöður meðalárs í rennslisreikningum fyrir þrjú hlutsvæði eru sýnd til fróðleiks á myndum 93-95. Mynd 93 sýnir írennsli til grunnvatns í nágrenni Elliðavatns þar sem að meðaltali fara um 300 mm/ári til grunnvatns. Mynd 94 sýnir írennsli í nágrenni Bláfjalla um 2500 mm/ári að meðaltali og að lokum er sýnt á mynd 95 meðalársrennsli í nágrenni Esju þar sem um 1300 mm/ári fara til grunnvatns. Mynd 96 sýnir samanburð á mældum hita á Hellisheiði og hita reiknuðum samkvæmt reiknilíkani hér að framan.

## 4.2 Grunnvatnslíkan – eitt lag

Stíllt er upp einslags grunnvatnslíkani af höfuðborgarsvæðinu. Írennsli til grunnvatns er reiknað með yfirborðsrennslislíkaninu, sem lýst var hér á undan. Við stillingu líkansins er leiðnigildum í grunnvatnslíkani breytt til að fella reikninga að mældri grunnvatnshæð og rennslisstuðlum í yfirborðsrennslislíkani er breytt til að sem best samræmi sé milli mælds og reiknaðs rennslis. Leiðnigildi sem gáfu bestu niðurstöður eru sýnd á myndum 97 og 98. Þar sem um einslags líkan er að ræða þá er leiðnin gefin sem margfeldi lektar og þykktar. Hæstu leiðnigildin eru þar sem grunnvatn rennur um nútímahraun. Á mynd 98 sést að leiðnin í sprungustefnuna er allt að fimmtíu sinnum hærri heldur en þvert á hana.

Myndir 99 og 102 sýna reiknaða grunnvatnshæð og myndir 100, 101, 103 og 104 sýna reiknað grunnvatnsrennsli á öllu vatnasviðinu. Eins og áður sagði liggja vatnaskil fjögurra grunnvatnsstrauma á Hengilsvæðinu. Elliðaárstraumur er að norðvestan, Þingvallastraumur að norðaustan, Selvogsstraumur að suðvestan og Ölfusstraumur að suðaustan.

Myndir 99-101 sýna grunnvatnshæð og grunnvatnsrennsli þegar vatnaskil milli norður- og suðurstrauma eru lengst í suður en myndir 102-104 þegar þau ná lengst í norður.

Á myndum 106-111 er sýndur samanburður mældrar og reiknaðrar grunnvatnshæðar í þversniðum sem eru sýnd á mynd 105. Reikningum ber vel saman við mælingar. Myndir 112-136 sýna samanburð á mældri og reiknaðri grunnvatnshæð þau tímabil sem mælingar ná yfir. Myndir 112-116 sýna samanburð fyrir holur á vatnsvinnslusvæði Orkuveitunnar, sjá myndir 4 og 5, myndir 117 og 118 sýna holur frá Vatnsendakrikasvæði, sjá myndir 3 og 6, myndir 119 til 123 eru frá Kaldárbotnasvæði, sjá mynd 7, myndir 124 og 125 sýna samanburð fyrir holur nærri Þorlákshöfn, sjá mynd 2 og loks er samanburður gefin fyrir holur við Hveragerði á myndum 126-136, sjá mynd 9 fyrir staðsetningu holanna. Í flestum tilfellum ber reikningum vel saman við mælingar. Samanburður fyrir holur á Hengilsvæði og Bláfjallasvæði, sjá myndir 3 og 8 fyrir staðsetningu holanna, er sýndur í töflu 6. Taflan sýnir meðalmun sem er á reiknaðri og mældri grunnvatnshæð fyrir þær stöku mælingar sem til eru. Reikningum ber vel saman við mælingar ef tekið er mið af hversu fáar mælingar eru til í holunum.

**Tafla 6. Mæld og reiknuð grunnvatnshæð**

Hola	Meðalmunur, m (Reiknað-Mælt)
HK-02	1,3
HK-03	-0,1
HK-04	-0,3
HK-05	0,2
HK-06	0,3
HK-07	-0,3
HK-08	-0,1
HK-09	-0,1
HK-10	-0,1
HK-11	-0,1
HK-12	-0,2
HK-13	-0,2
HK-14	0,0
HK-15	0,1
HK-16	-0,5
HK-17	-0,2
HK-18	-0,2
HK-19	-0,1
HK-20	0,1
HK-21	-0,3
KH-02	-0,5
BF02	0,5
BF03	-0,5
BF4/5	0,0
SS1/2	0,3
LK01	2,6

**Tafla 7. Reiknað rennsli í þversniðum**

Þversnið	Rennsli, m <sup>3</sup> /s
1	1
2	2
3	4
4	6
5	6
6	9
7	9
8	9
9	8
10	2

Myndir 137 og 138 sýna lindir sem koma undan Húsmúla og mynda boga eftir hlíðinni í um 260 m hæð yfir sjó. Myndirnar sýna hversu vel reiknilíkani tekst að líkja eftir grunnvatnsborðinu.

Til að átta sig á hversu mikið grunnvatnsstreymi er á ferðinni er reiknað grunnvatnsrennsli gefið í töflu 7 fyrir rennsli í tíu sniðum sem skilgreind eru á mynd 139. Samkvæmt töflunni er rennsli til Selvogs og Þorlákshafnar um 18 m<sup>3</sup>/s, rennsli til Þingvallavatns 9 m<sup>3</sup>/s, rennsli til Ölfuss 6 m<sup>3</sup>/s og rennsli til Straumsvíkur 8 m<sup>3</sup>/s.

Mynd 45 sýnir staðsetningu linda sem notaðar eru til samanburðar við útreikninga á lindarennisli. Tafla 8 sýnir samanburð á mældu og reiknuðu lindarennisli. Reikningum ber vel saman við mælingar ef tekið er mið af því að lindarennisli er metið en yfirleitt ekki mælt með nákvæmum mælitækjum.

**Tafla 8. Lindarennisli**

Lind	Reiknað-Mælt, m
A	-9
B	-7
C	-4
D	-2
E	-1
F	-2
G	0
H	-2
I	-3
J	-2
K	-7
L	1
M	-3
N	-1
O	-7
P	2
Q	-9
R	-7
S	-9
Torfadalur	-3



Samanburður á rennsli í Kaldá, Suðurá, Elliðaám, Hólmsá og Korpu er sýndur á myndum 140-161. Samanburður við mælingar á dagsgrundvelli er sýndur á myndum 140-149. Reikningum ber yfirleitt vel saman við mælingar. Til þess að meta hversu vel aðlögun reiknilíkansins að vatnasviðinu hefur tekist eru einkum tvær stærðir notaðar. Önnur stærðin er vatnsjöfnuður, sem segir til um hvort reiknað vatnsmagn sé of lítið eða mikið miðað við mælt rennsli.

Vatnsjöfnuðurinn er reiknaður með líkinguni:

$$vj = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i^r - Q_i^m)}{\sum_{i=1}^N Q_i^m}$$

þar sem

$v_j$  er vatnsjöfnuður

$Q_i^m$  er mælt rennsli fyrir hvern dag

Breytileikinn í mælda rennslinu reiknast eftir líkingunni:

$$F_o^2 = \sum_{i=1}^N (Q_i^m - \bar{Q}_m)^2$$

þar sem

$F_o^2$  er breytileikinn

$\bar{Q}_m$  er meðalgildi mælda rennslisins

Með líkingu er unnt að meta hversu mikinn hluta af breytileika mældu raðarinnar reiknaða röðin inniheldur

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_i^m - \bar{Q}_m)^2 - \sum_{i=1}^N (Q_i^m - Q_i^r)^2}{\sum_{i=1}^N (Q_i^m - \bar{Q}_m)^2}$$

þar sem

$R^2$  er skýrður breytileiki ( $-\infty < R^2 < 1$ )

Eftir því sem  $R^2$  er nær 1 og  $v_j$  nær 0, því betri er aðlögun reiknilíkansins. Kosturinn við  $R^2$ -mælikvarðann er, að hann er einingarlaus og hlutfallslegt mat. Vatnsjöfnuður og skýrður breytileiki eru sýnd í töflu 9.

**TAFLA 9. Skýrður breytileiki og vatnsjöfnuður**

Vatnsfall	Skýrður breytileiki R <sup>2</sup>	Vatnsjöfnuður V <sub>j</sub>
Kaldá	0,71	0,04
Suðurá	0,43	-0,01
Elliðavatn	0,49	0,03
Elliðaár	0,44	0,01
Hólmsá	0,31	0,04
Korpa	0,53	0,01

Samanburður á meðalrennsli mánaða og ársmeðalrennslis er sýndur á myndum 150-161. Það er einkum árið 1976 sem sker sig úr þar sem útreiknuð gildi eru talsvert lægri en mæligildi. Árið 1976 var úrkomumikið ár og hafa reikningar líklega látið of mikið vatn sleppa til grunnvatns í lok vetrar.

#### 4.3 Grunnvatnslíkan – sex lög

Stíllt er einnig upp sex laga líkani af höfuðborgarsvæðinu til notkunar við útreikninga vegna vatnstöku ferskvatns og losunar skiljuvatns. Írennsli til grunnvatns er reiknað með yfirborðsrennslislíkaninu sem lýst var hér á undan. Við gerð líkansins var jarðlagastaflanum skipt í sex lög að jafnri þykkt 100 metrar hvert. Við ákvörðun á lekt jarðlaga var tekið mið af viðnámskortum sem getið er í kafla 3.5, en þau gefa viðnámsdreifingu á mismunandi dýpi og þar með upplýsingar um útfellingar og lekt jarðlaga. Við ákvörðun á lekt mismunandi jarðlaga var gengið úr skugga um að meðallekt yfir heildarþykkt jarðlagastaflans væri sú sama og í einslags líkaninu sem stíllt var af hér að framan. Sex laga líkanið þarf því ekki frekari stillingar við, því að það hefur verið þegar stíllt við einslaga líkanið. Mynd 162 sýnir yfirlitskort af höfuðborgarsvæðinu þar sem sýnd eru þau lög, sem grunnvatnshæð er í. Myndir 163 og 164 sýna lagskiptingu í sniðum sem skilgreind eru á mynd 162.

## 5. VATNSTAKA FYRIR JARÐVARMVIRKJUN Á HELLISHEIÐI OG LOSUN SKILJUVATNS

Grunnvatnslíkanið sem lýst var hér að framan er notað til að kanna hver áhrif mismunandi vatnstöku og niðurrennsli eru á grunnvatn á svæðinu og er í þeim tilgangi skoðaðir ýmsir möguleikar og er þeim lýst í töflu 10. Tilfelli 1-7, 15, 17, 18 og 21 svara til að vatnstaka sé 1000 L/s og niðurrennsli skiljuvatns 300 L/s – 500 L/s en í tilfellum 8-14, 16, 19 og 20 er vatnstaka 2000 L/s og niðurrennsli 800 L/s. Tilfelli a og b í töflu 10 svara annarsvegar til útreikninga í einslags líkani og hins vegar til útreikninga í sex laga grunnvatnslíkani á 100 m dýpi og eiga niðurstöður þessara tveggja líkana að vera mjög svipaðar. Tilfelli í töflu 10 svara annarsvegar til mismunandi staðsetningar og er hún sýnd á myndum 165 og 166 og hins vegar til á hvaða dýpi vatnstaka og niðurrennsli á sér stað og er þess getið í töflunni. Einnig eru tilfelli þar sem gert hefur verið ráð fyrir viðbótar vatnstöku í nágrenni Þorlákshafnar. Í tilfellum 1-13 þá er vatnstaka alltaf við Engidalskvísl en niðurrennsli ýmist í Þrengslum, við HK-7 eða milli Hellisskarðs og HK-7 vestan Stóra Reykjafells. Í tilfellum 14-16 hefur þessu verið snúið við og nú er vatnstaka í Þrengslum en niðurrennsli við Engidalskvísl. Í tilfellum 17 – 19 þá er sett niður á milli Lambafells og Lambafellshnjúks og í tilfelli 20 þá er því magni sem sett er niður skipt á stað í Þrengslum og á milli Lambafells og Lambafellshnjúks. Tilfelli 21 sýnir niðurstöður ef frárennsli kemst ekki frá virkjunarstað að niðurrennsliastað og allt frárennsli fer á yfirborð jarðar við Kolviðarhól í 3 mánuði, en eftir það á sinn rétta stað. Niðurstöður á mismunandi dýpi fyrir tilfelli tuttugu eru sýndar á myndum 167-243. Augljóst er af myndum 222-227 að niðurrennsli við Engidalskvísl kemur ekki til greina vegna nálægðar við vatnsból Reykvíkinga við Elliðavatn.

Hagkvæmasta staðsetning vatnstöku er við Engidalskvísl og niðurrennsli í Þrengslum á 400 metra dýpi en það svarar til tilfella 9 og 12 með og án viðbótardælingar við Þorlákshöfn. Niðurstöður eru sýndar á myndum 201-204 fyrir tilfelli 9 og á myndum 214-217 fyrir tilfelli 12. Niðurstöður fyrir niðurrennsli á milli Lambafells og Lambafellshnjúks fyrir tilfelli 17 – 20 eru

sýndar á myndum 228 – 243 og er sú staðsetning álíka hagkvæm eins og niðurrennsli í Þrengslum. Eini munurinn er að reiknaður styrkur færir lítið eitt til vesturs.

**TAFLA 10 Lýsing á vatnstöku- og niðurrennslistöðum.**

Tilfelli	Lýsing	líkan	Vatnstöku			Niðurrennsli		
			Q	lag	dýpi	Q	lag	dýpi
1a	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin	1-lag	1000 L/s	1	100	300 L/s	1	100
1b	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin	6-lög	1000 L/s	3	100	300 L/s	3	100
2	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin	6-lög	1000 L/s	3	100	300 L/s	6	400
3	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin	6-lög	1000 L/s	3	100	300 L/s	5	300
4	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður við HK-7	6-lög	1000 L/s	3	100	300 L/s	6	400
5	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður milli Hellisskarðs og HK-7 vestan Stóra Reykjafells	6-lög	1000 L/s	3	100	300 L/s	6	400
6	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður við HK-7	6-lög	1000 L/s	3	100	300 L/s	5	300
7	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður milli Hellisskarðs og HK-7 vestan Stóra Reykjafells	6-lög	1000 L/s	3	100	300 L/s	5	300
8a	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin	1-lag	2000 L/s	1	100	800 L/s	1	100
8b	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin	6-lög	2000 L/s	3	100	800 L/s	3	100
9	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin	6-lög	2000 L/s	3	100	800 L/s	6	400
10	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin	6-lög	2000 L/s	3	100	800 L/s	5	300
11a	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin og dælt upp í Þorlákshöfn (200 L/s)	1-lag	2000 L/s	1	100	800 L/s	1	100
11b	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin og dælt upp í Þorlákshöfn (200 L/s)	6-lög	2000 L/s	3	100	800 L/s	3	100
12	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin og dælt upp í Þorlákshöfn (200 L/s)	6-lög	2000 L/s	3	100	800 L/s	6	400
13	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður í Þrengslin og dælt upp í Þorlákshöfn (200 L/s)	6-lög	2000 L/s	3	100	800 L/s	5	300
14	Dælt upp í Þrengslum og sett niður við Engidalskvísl	1-lag	2000 L/s	1	100	800 L/s	1	100
15	Dælt upp í Þrengslum og sett niður við Engidalskvísl	1-lag	1000 L/s	1	100	300 L/s	1	100
16	Dælt upp í Þrengslum og sett niður við Engidalskvísl	6-lög	2000 L/s	3	100	800 L/s	6	400
17	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður á milli Lambafells og Lambafellshnjúks og dælt upp í Þorlákshöfn (200 L/s)	6-lög	1000 L/s	3	100	400 L/s	6	400
18	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður á milli Lambafells og Lambafellshnjúks og dælt upp í Þorlákshöfn (200 L/s)	6-lög	1000 L/s	3	100	500 L/s	6	400
19	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður á milli Lambafells og Lambafellshnjúks og dælt upp í Þorlákshöfn (200 L/s)	6-lög	2000 L/s	3	100	800 L/s	6	400
20	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður 400 L/s á milli Lambafells og Lambafellshnjúks og 400 L/s í Þrengslin og dælt upp í Þorlákshöfn (200 L/s)	6-lög	2000 L/s	3	100	800 L/s	6	400
21	Dælt upp við Engidalskvísl og sett niður við Kolviðarhól á 100 m dýpi í 3 mánuði og eftir það á milli Lambafells og Lambafellshnjúks á 400 m dýpi og dælt upp í Þorlákshöfn (200 L/s)	6-lög	1000 L/s	3	100	400 L/s	3/6	100/400

Niðurstöður efnagreininga aðalefna og snefilefna í skiljuvatni eru gefnar í töflum 11 og 12 ásamt neysluvatnsmörkum, sjá Umhverfissráðuneytið (2001), og einnig er sýnt í hvaða flokk snefilefni falla samkvæmt umhverfissaðli, sjá Umhverfissráðuneytið (1999). Samkvæmt töflunum eru það ál, arsen og bór sem uppfylla ekki kröfur í reglugerð um neysluvatn. Til að kröfur væru uppfylltar þyrfti ál að þynnast í 12,5% af upphaflegum styrk, bór í rúmlega 96% og arsen í rúmlega 11%. Styrkur arsens er því ákvarðandi fyrir þynningarsvæði skiljuvatnsins. Niðurstöður útreikninga fyrir tilfelli 9 og 12 er gefin á myndum 244-251 þar sem svæði sem afmarkast af 11% af upphaflegum styrk er sýnt á mismunandi dýpi, annars vegar án viðbótardælingu í Þorlákshöfn og hins vegar með 200 L/s dælingu í nágrenni Þorlákshafnar. Þetta svæði skilgreinir því þynningarsvæði skiljuvatnsins. Á myndum eru einnig sýnd svæði sem svara til 5,5% af upphaflegum styrk en það svarar til að þar fellur grunnvatn í flokk II samkvæmt reglugerð um varnir gegn mengun vatns.

**TAFLA 11 Styrkur aðalefna í skiljuvatni**

Efni	Meðalstyrkur mg/l	Neysluvatnsmörk mg/l
Kísill, SiO <sub>2</sub>	570	Engin
Natríum, Na <sup>+</sup>	184	200
Kalíum, K <sup>+</sup>	27	Engin
Kalsíum, Ca <sup>+2</sup>	0,75	Engin
Magnesium, Mg <sup>+2</sup>	0,004	Engin
Súlfat, SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	158	250
Klóríð, Cl <sup>-</sup>	203	250
Flúoríð, F <sup>-</sup>	1,2	1,5
Al, Al	1,6	0,2
Járn, Fe	0,02	0,2
Karbónat, CO <sub>2</sub>	79	Engin
Sýrustig, pH	9,1	6,5-9,5

**TAFLA 12 Styrkur snefilefna í skiljuvatni**

Efni	Meðalstyrkur µg/l	Neysluvatnsmörk µg/l	Umhverfismörk í yfirborðsvatni
Arsen, As	90	10	V. flokkur
Bór, B	1.039	1.000	Ekki ákvörðuð
Baríum, Ba	0,78	Engin	Ekki ákvörðuð
Kadmín, Cd	0,17	5,0	III. flokkur
Króm, Cr	0,08	50	I. flokkur
Kopar, Cu	2,06	2.000	II. flokkur
Kvikasilfur, Hg	0,02	1	< 1µg/l
Nikkel, Ni	0,3	20	I. flokkur
Fosfór, P	4,15	Engin	I. flokkur
Blý, Pb	3,54	10	IV. flokkur
Sínk, Zn	9,67	Engin	II. flokkur

Eins og áður sagði þá sýnir tilfelli 21 niðurstöður ef frárennsli kemst ekki frá virkjunarstað að niðurrennslisstað í Þrengslum og allt frárennsli fer á yfirborð jarðar við Kolviðarhól í 3 mánuði, en eftir það á sinn rétta stað á 400 metra dýpi á milli Lambafells og Lambafellshjúks. Niðurstöður útreikninga eru sýndar á myndum 252 – 265. Myndir 252 – 255 sýna styrk á mismunandi dýpi eftir þrjá mánuði. Þá er sýndur

styrkur í efstu 100 metrum árlega í sex ár og loks sýna myndir 262 – 265 endanlega útbreiðslu. Niðurstöður sýna að engin hættu er á að efni berist nærri neinum vatnsbólum.

## HEIMILDASKRÁ

Árni Hjartarson, Einar Gunnlaugsson, Freysteinn Sigurðsson, Jón Jónsson og Kristján Sæmundsson, 1994; **Vatnafarskort, Elliðavatn 1613 III SV, 1:25.000**, LANDMÆLINGAR ÍSLANDS, ORKUSTOFNUN, HAFNARFJARÐARBÆR, GARÐABÆR, KÓPAVOGSBÆR, SELTJARNARNESBÆR og REYKJAVÍKURBORG.

Árni Hjartarson, Einar Gunnlaugsson, Freysteinn Sigurðsson, Jón Jónsson og Kristján Sæmundsson, 1994; **Vatnafarskort, Viðey 1613 III-NV-V 1:25.000**, LANDMÆLINGAR ÍSLANDS, ORKUSTOFNUN, HAFNARFJARÐARBÆR, GARÐABÆR, KÓPAVOGSBÆR, SELTJARNARNESBÆR og REYKJAVÍKURBORG.

Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson, 1993; **Vatnafarskort, Vífilfell 1613 III-SA-V 1:25.000**, LANDMÆLINGAR ÍSLANDS, ORKUSTOFNUN, HAFNARFJARÐARBÆR, GARÐABÆR, KÓPAVOGSBÆR, SELTJARNARNESBÆR og REYKJAVÍKURBORG.

Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson, 1997; **Vatnafarskort, Mosfell 1613 III-NA-V 1:25.000**, Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnarnesbær og Reykjavíkurborg.

Árni Hjartarson og Hjalti Franzson, 1977; **Mosfellshreppur lindarmælingar og jarðfræði** Orkustofnun Jarðkönnunardeild OS-JKD 8802.

Árni Hjartarson og Þórólfur Hafstað, 1999; **Grunnvatnsboranir í Bláfjöllum** Unnið fyrir Vatnsveitu Reykjavíkur OS-99037 September 1999 Verknr. 640 001.

Dagur Jónsson, 1986; **Rannsóknir í Kaldárbotnum í ágúst 1986** Unnið fyrir Bæjarverkfræðinginn í Hafnarfirði.

Freysteinn Sigurðsson, 1976; **Straumsvíkursvæði, skýrsla um Vatnafræðilega frumkönnun** OS JKD7603 Unnið fyrir Íslenska álfélagið h.f.

Freysteinn Sigurðsson og Þóroddur F. Þóroddsson, 1980; **Neysluvatnsöflun fyrir Mosfellshrepp, greinargerð** Orkustofnun Jarðkönnunardeild.

Jón Jónsson, 1982; **Unnar greinar fyrir Mosfellsbæ.**

Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001; **Jarðhiti við Hengil og á Hellsisheiði; niðurstöður viðnámsmælinga.** Orkustofnun Rannsóknasvið, OS-2001/091, 250 s.

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

Markús Á. Einarsson, 1988; **Precipitation in Southwestern Iceland** Tímaritið Jökull nr. 38.

Orkustofnun, Vatnamælingar, 2002: **Gagnabanki Vatnamælinga, afgreiðsla nr. 2002/35.**

Sigurður Sveinn Jónsson, Bjarni Reyr Kristjánsson, Þórólfur H. Hafstað og Kristján Sæmundsson, 2003; **Grunnvatnsborholur á Hellsisheiði og nágrenni. Greining jarðlag í HK-holum 2001-2002.** Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. ORKUSTOFNUN RANNSÓKNARSVIÐ – Reykjavík, Akureyri, OS-2003/003.



Stuðull verkfræði- og jarðfræðiþjónusta, 1988; **Athugun á vatnsbóli í Kaldárbotnum** Unnið fyrir Bæjarverkfræðing í Hafnarfirði.

Umhverfissráðuneytið, 1999: **REGLUGERÐ um varnir gegn mengun vatns.** Nr. 796 29.október 1999.

Umhverfissráðuneytið, 1999: **REGLUGERÐ um varnir gegn mengun grunnvatns.** Nr. 797/1999.

Umhverfissráðuneytið, 2001: **REGLUGERÐ um neysluvatn, 536/2001**

Vatnsbólnefnd, 1981; **Vatnsból Reykjavíkur og vatnasvið Elliðaáanna** Skýrslur I-IV. Unnið fyrir Vatnsveitu Reykjavíkur.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1988; **Ferlunarpróf við Gvendarbrunna** Unnið fyrir Vatnsveitu Reykjavíkur. September 1988 88.10.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1991; **Höfuðborgarsvæði Rennsli og grunnvatnshæð** Unnið fyrir sveitarfélögin á Höfuðborgarsvæðinu og Orkuveitu Reykjavíkur Maí 1991 91.01.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1995; **Útreikningar á dreifingu mengunar í nágrenni Gvendarbrunna** Unnið fyrir Borgarverkfræðinginn í Reykjavík Júlí 1995 95.13.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 1996; **Niðurstöður ferlunarprófs og dreifing mengunar í nágrenni Gvendarbrunna** Unnið fyrir Þórsbrunn hf. Apríl 1996 96.04.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 2001; **HÖFUÐBORGARSVÆÐI Grunnvatns- og rennislíkan.** Unnið fyrir sveitarfélögin á Höfuðborgarsvæðinu og Orkuveitu Reykjavíkur Ágúst 2001.

Þórólfur H. Hafstað og Freysteinn Sigurðsson, 1990; **Kópavogskaupsstaður og grunnvatnsmælingar í Leirdal** OS-90007/VOD-03B.

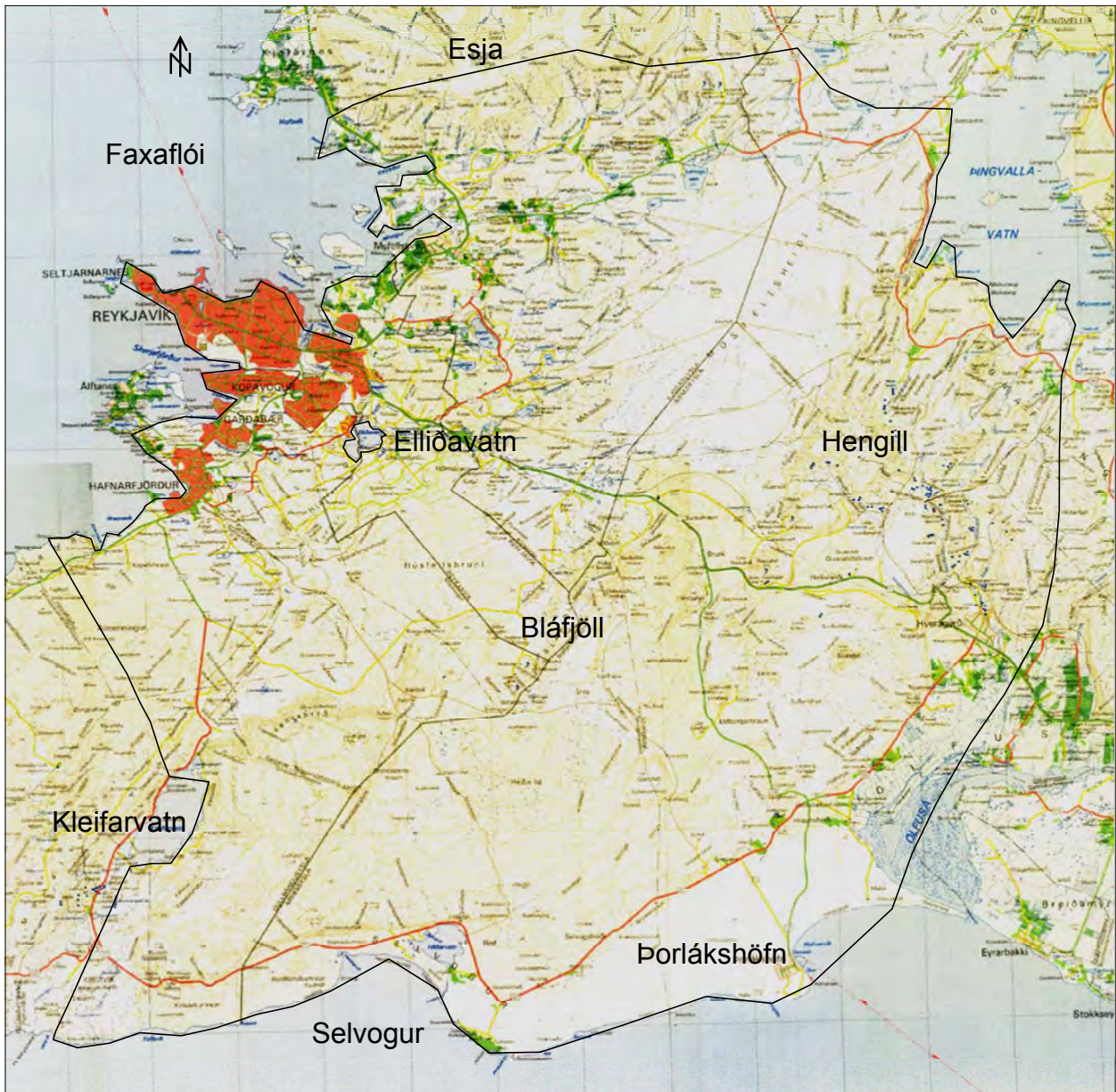
**MYNDIR**

VATNASKIL

HENGILL

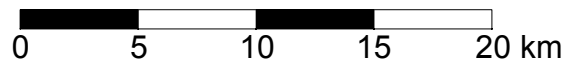
ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

Líkansvæði



— / Líkansvæði

Mkv. 1:330.000



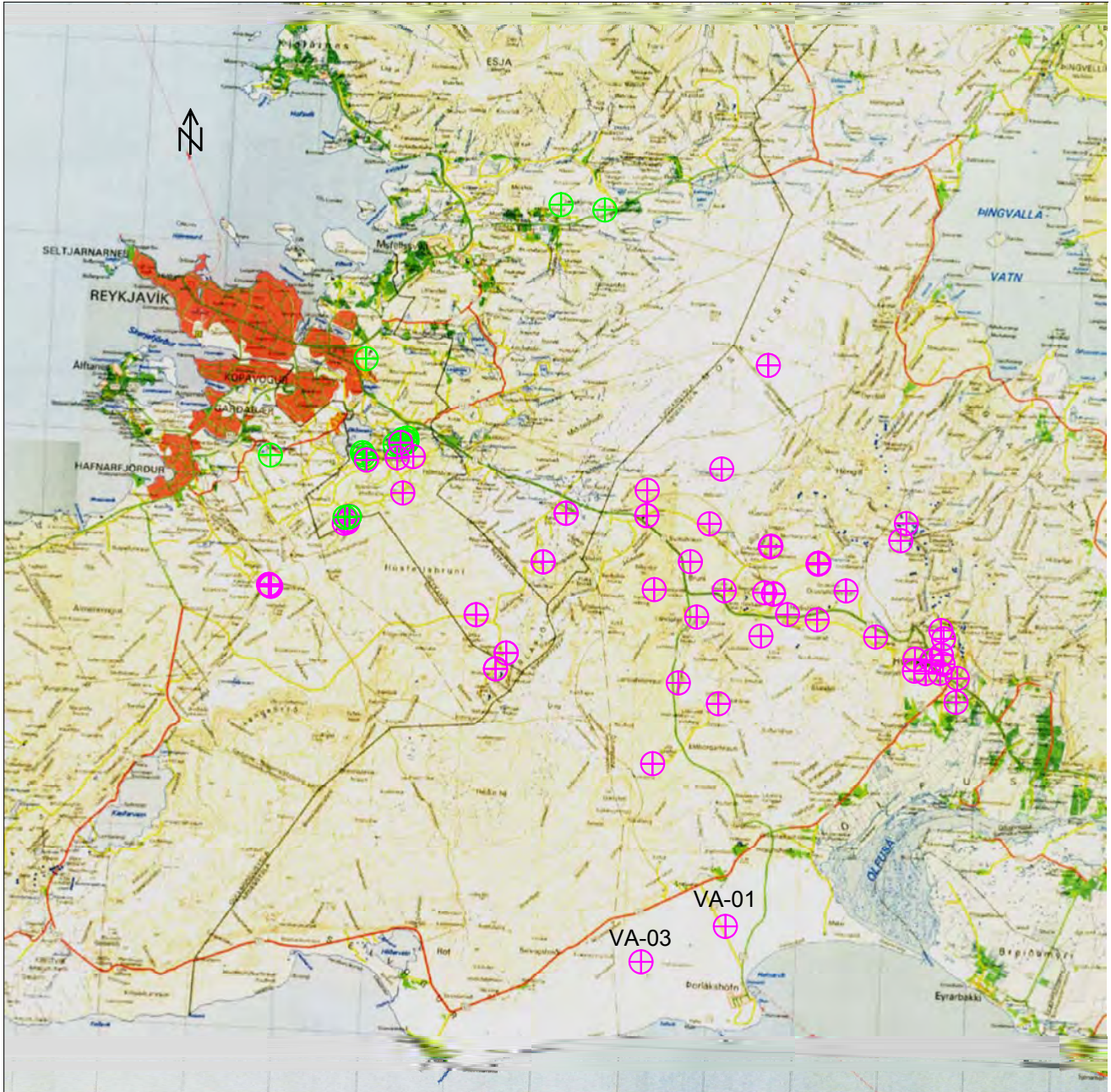


VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

Staðsetning borhola og dæluhola



- ⊕ Borholur
- ⊕ Dæluholur

Mkv. 1:300.000  
0 5 10 km

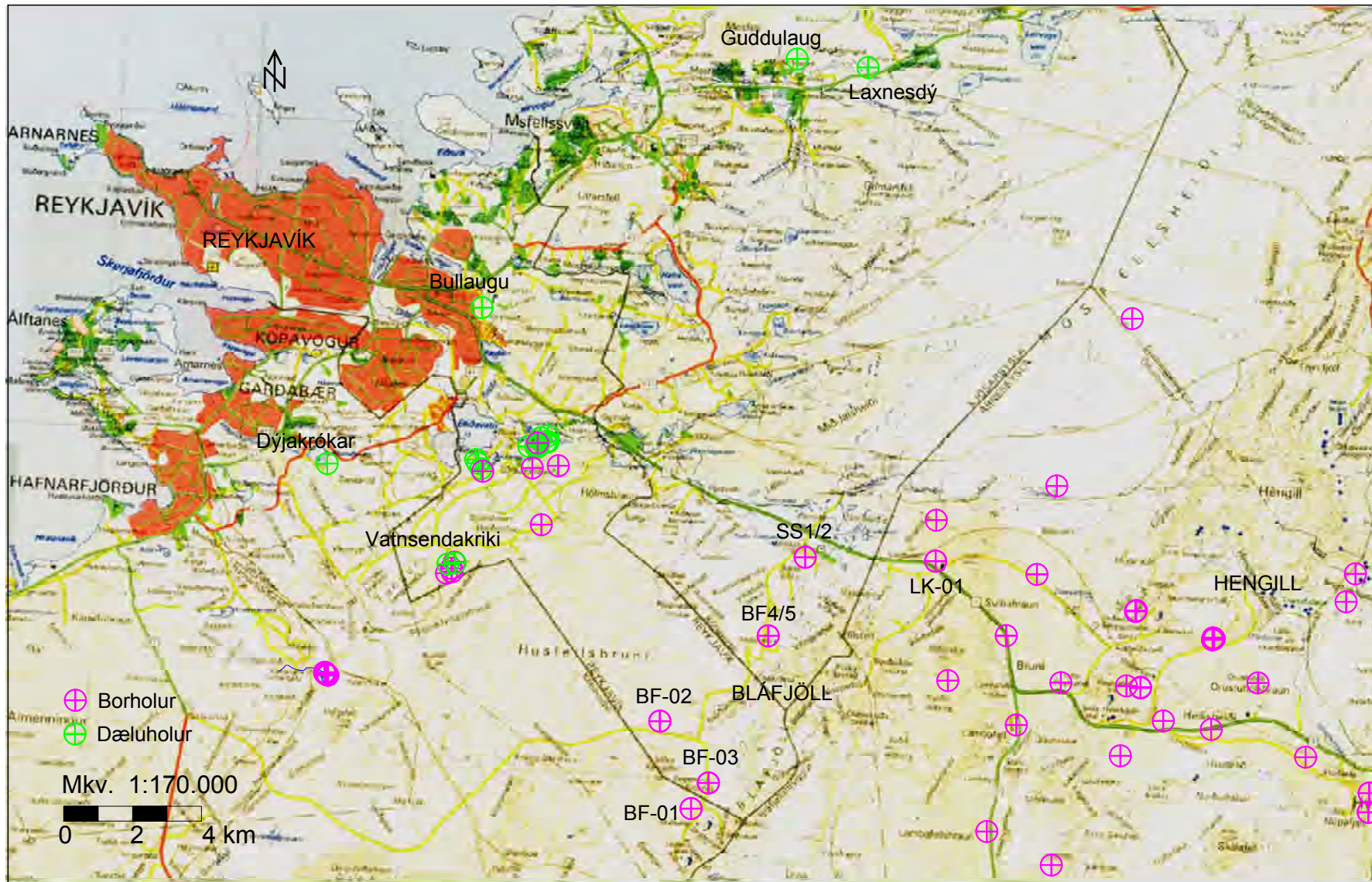


VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA REYKJAVÍKUR

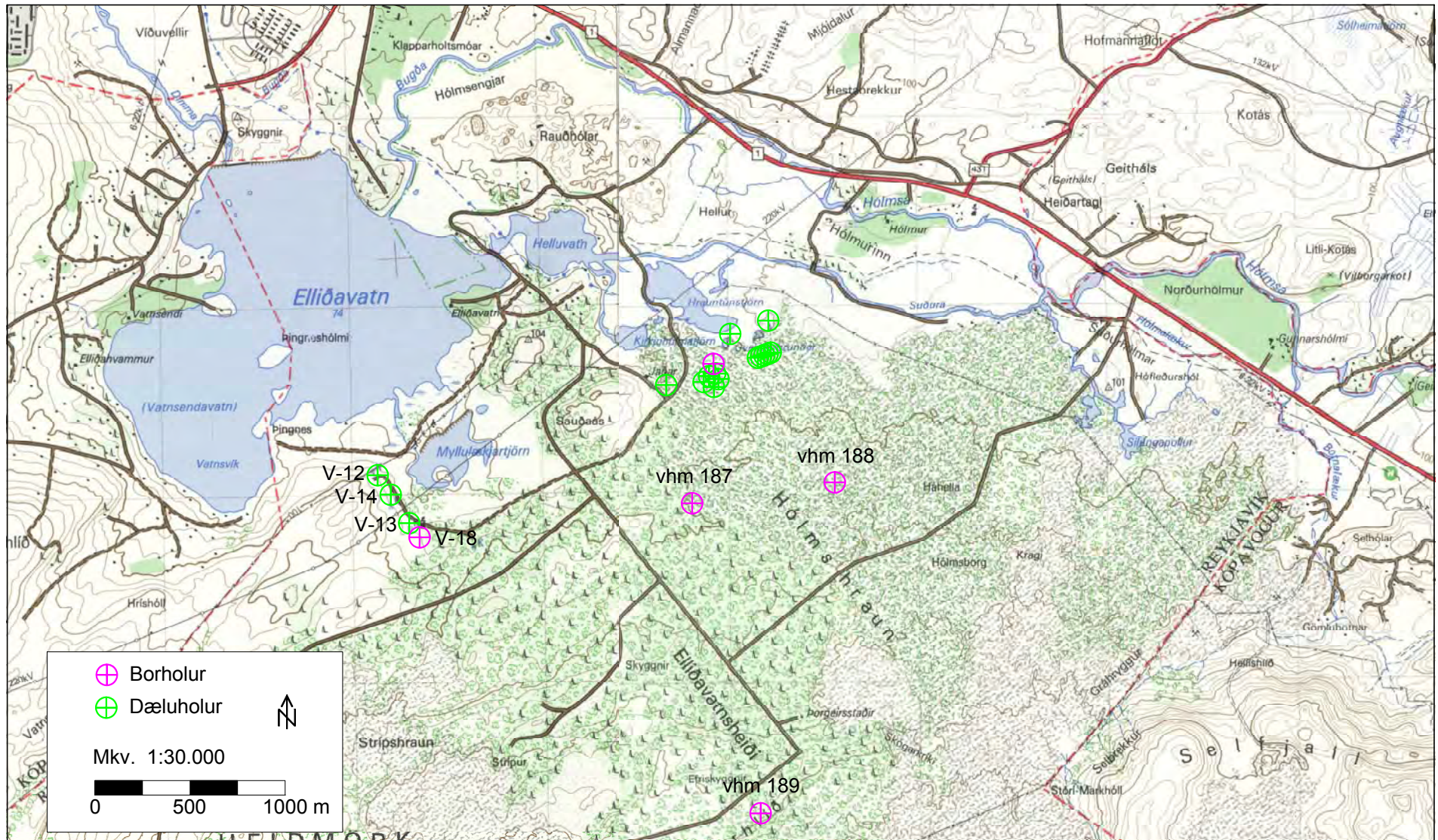
Staðsetning borhola og dæluhola



Mynd 3

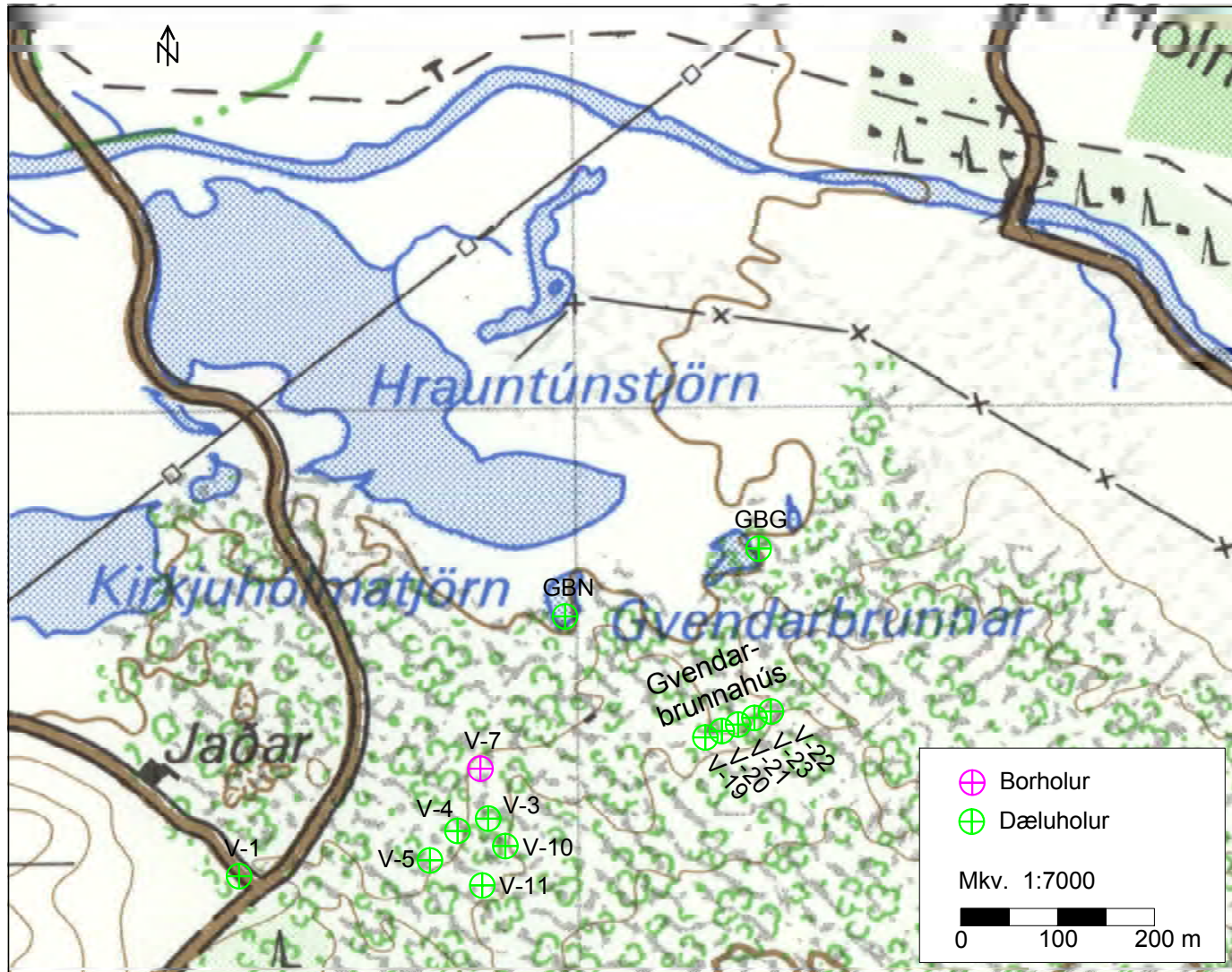


Staðsetning borhola og dæluhola í nágrenni Elliðavatns

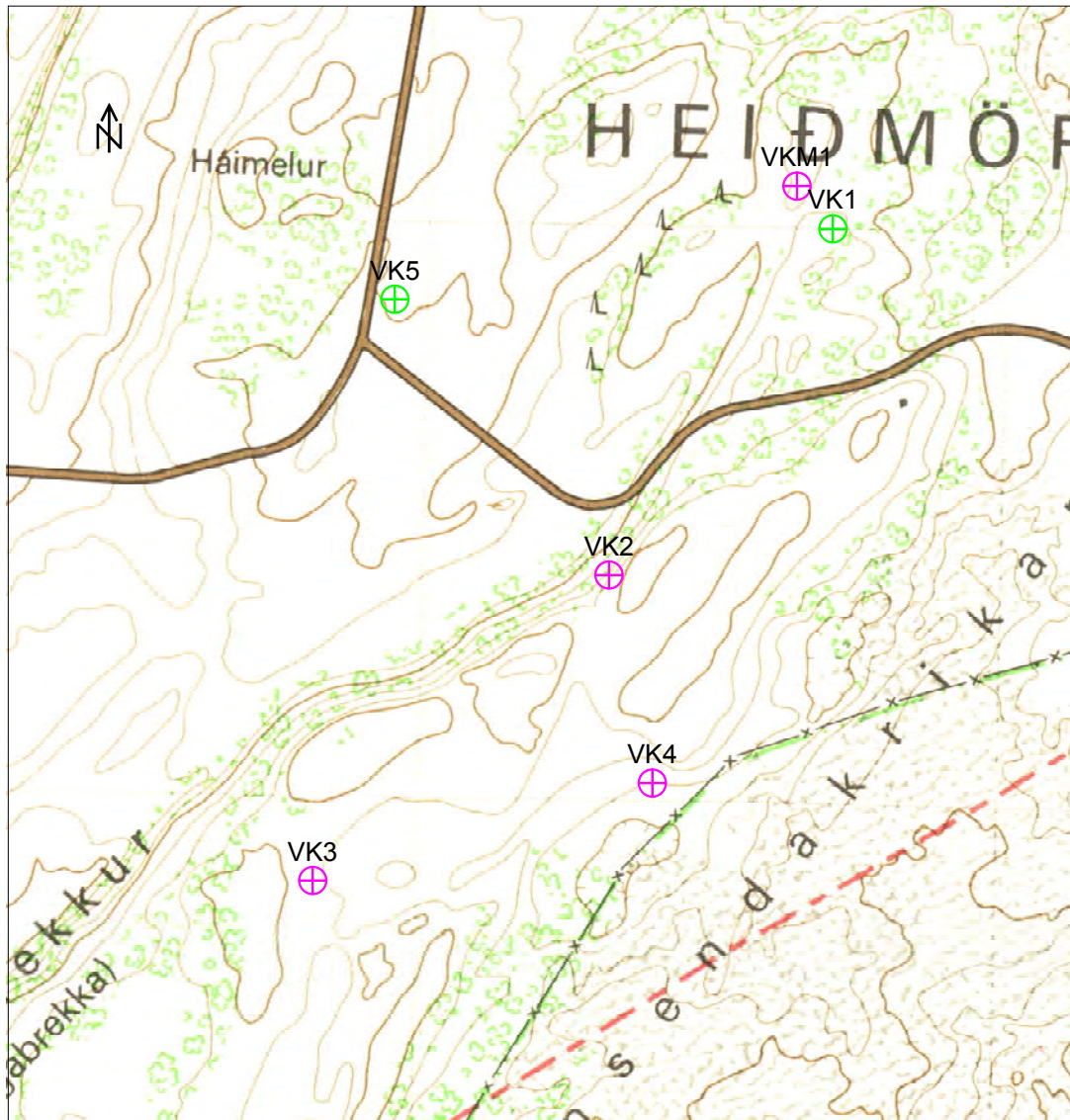




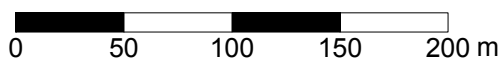
Staðsetning borhola og dæluhola í nágrenni Elliðavatns



Staðsetning borhola og dæluhola í Vatnsendakrika



Mkv. 1:3500

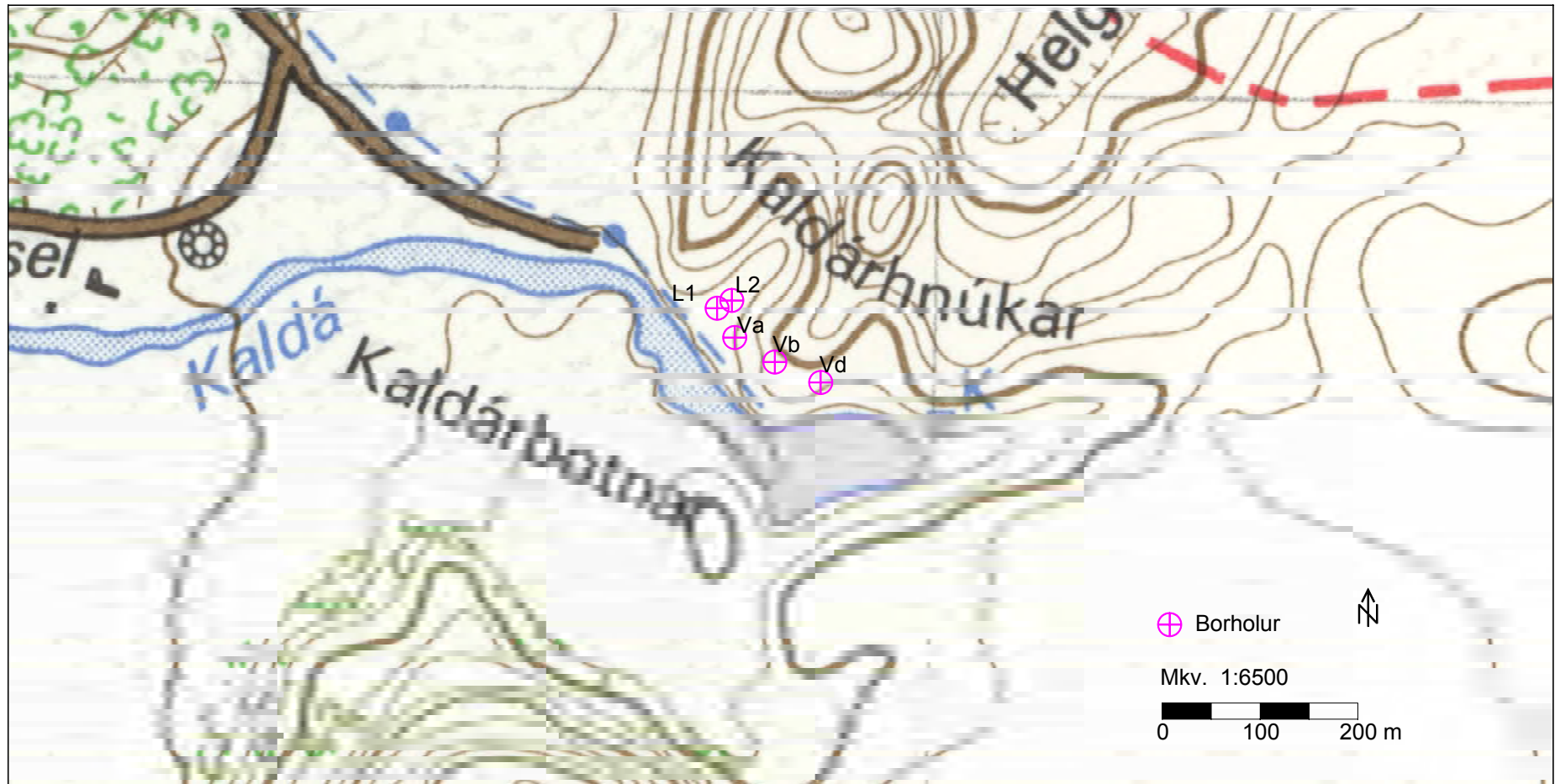


⊕ Borholur

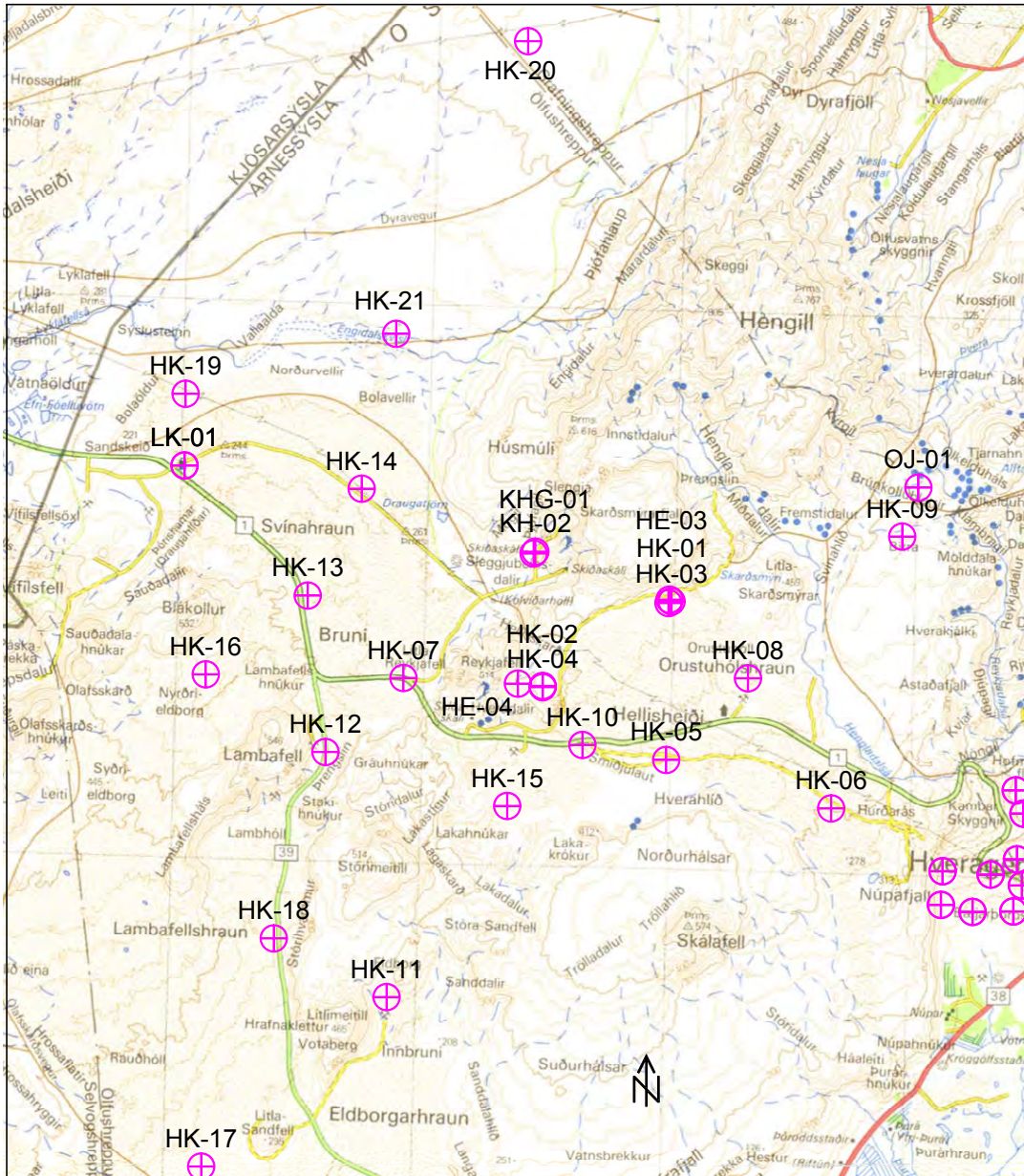
⊕ Dæluholur



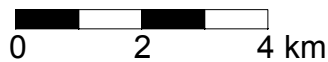
Staðsetning borhola og dæluhola í Kaldárbotnum



Staðsetning borhola og dæluhola á Hengilsvæði



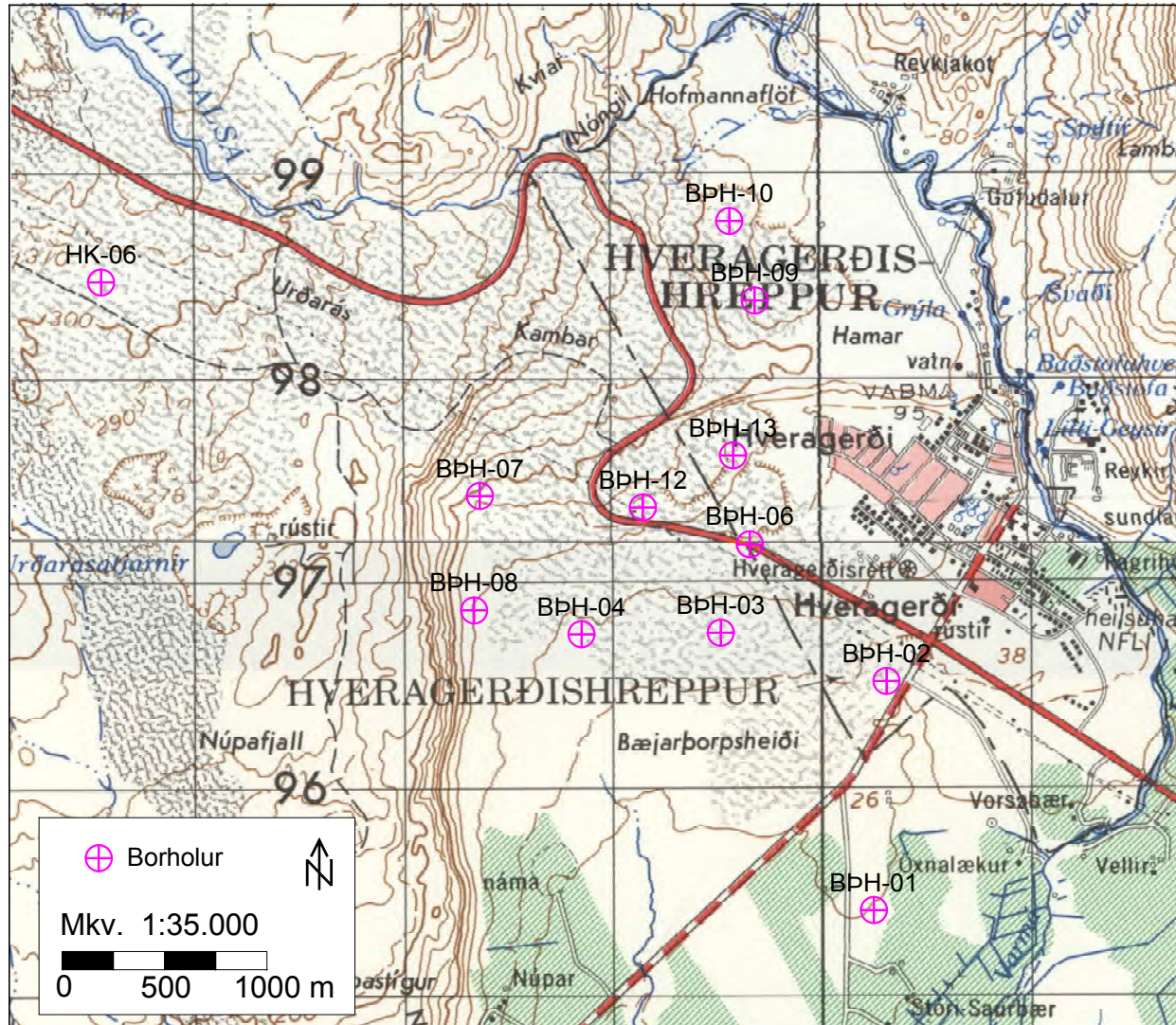
Mkv. 1:120.000



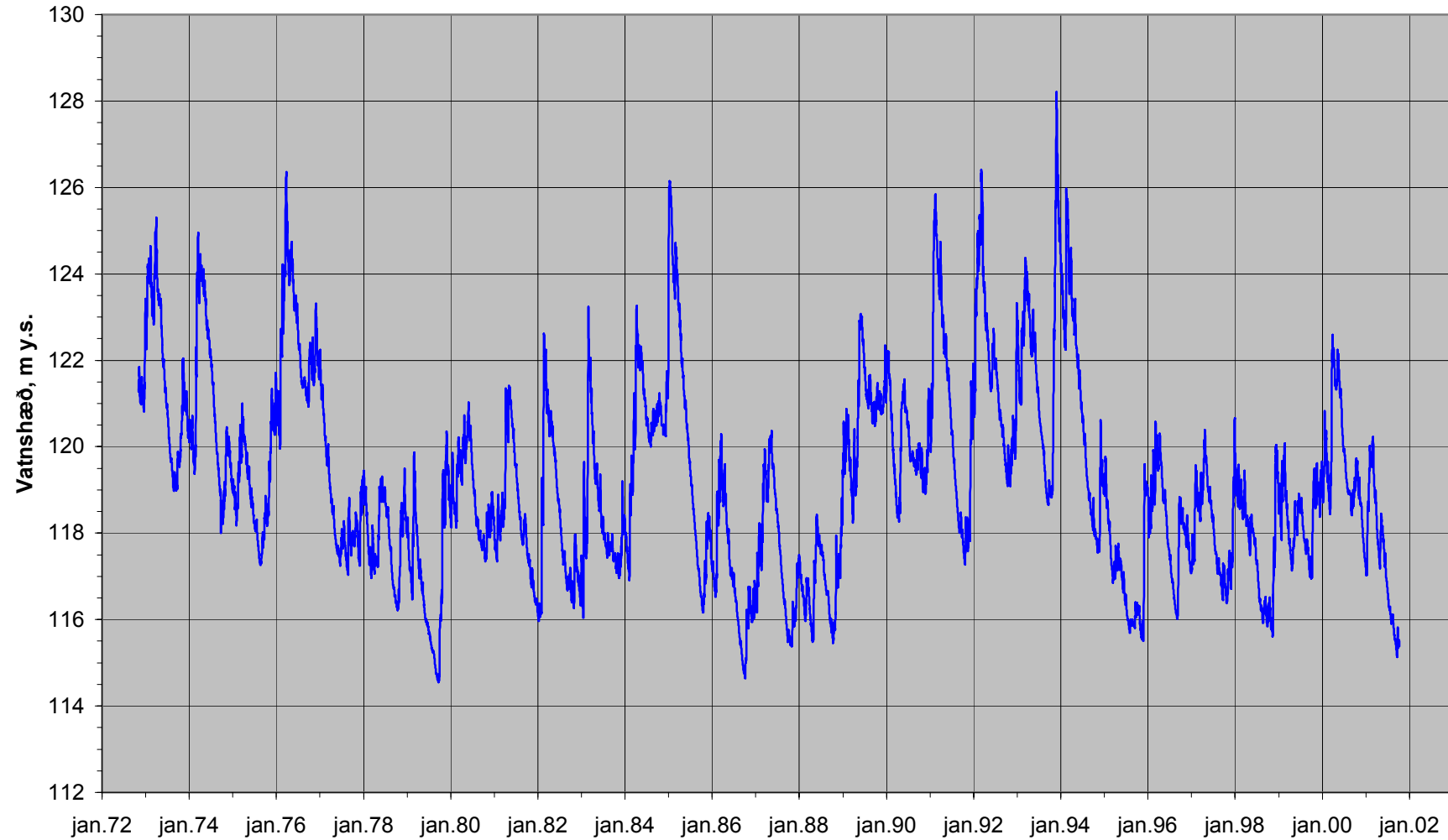
⊕ Borholur



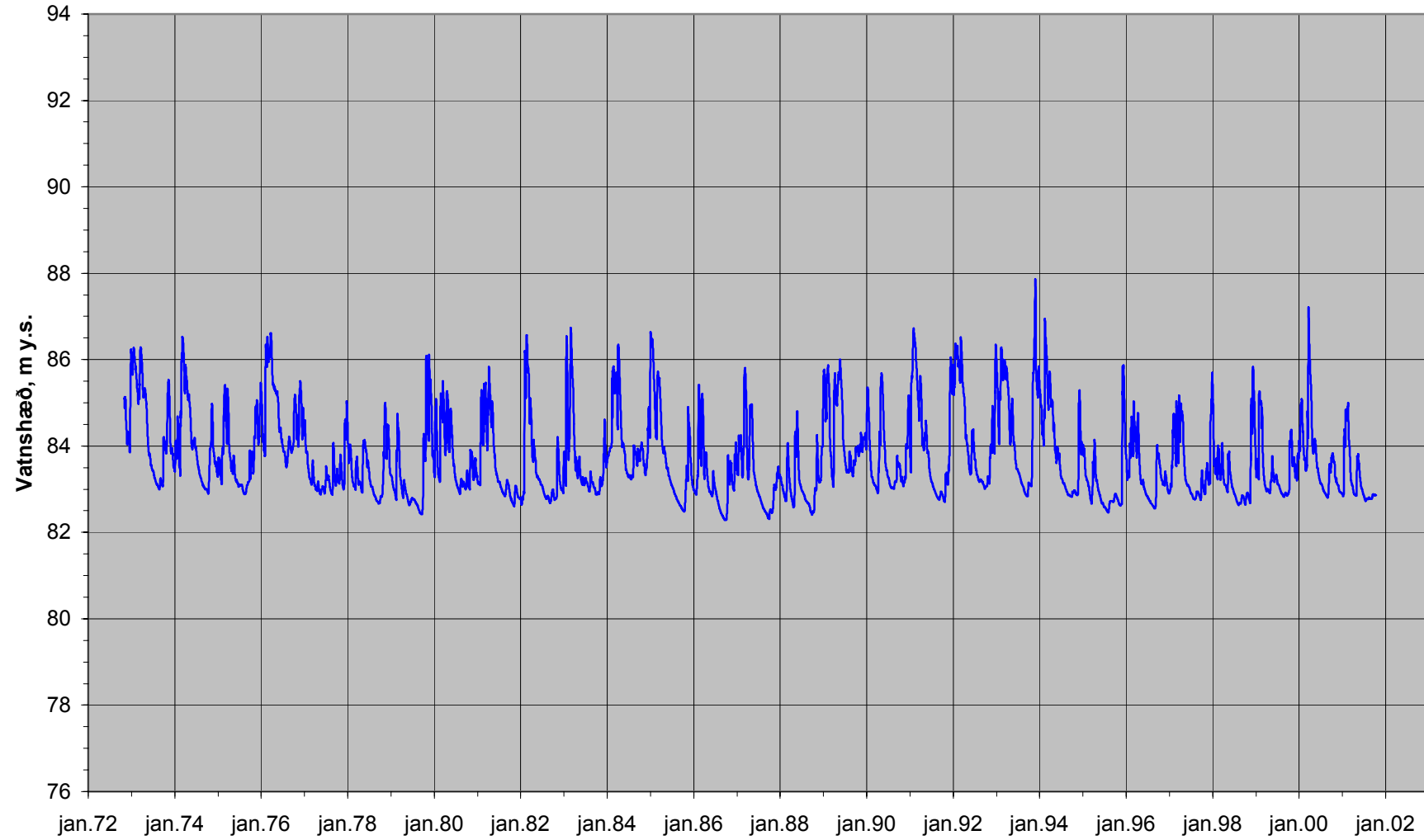
Staðsetning borhola við Hveragerði



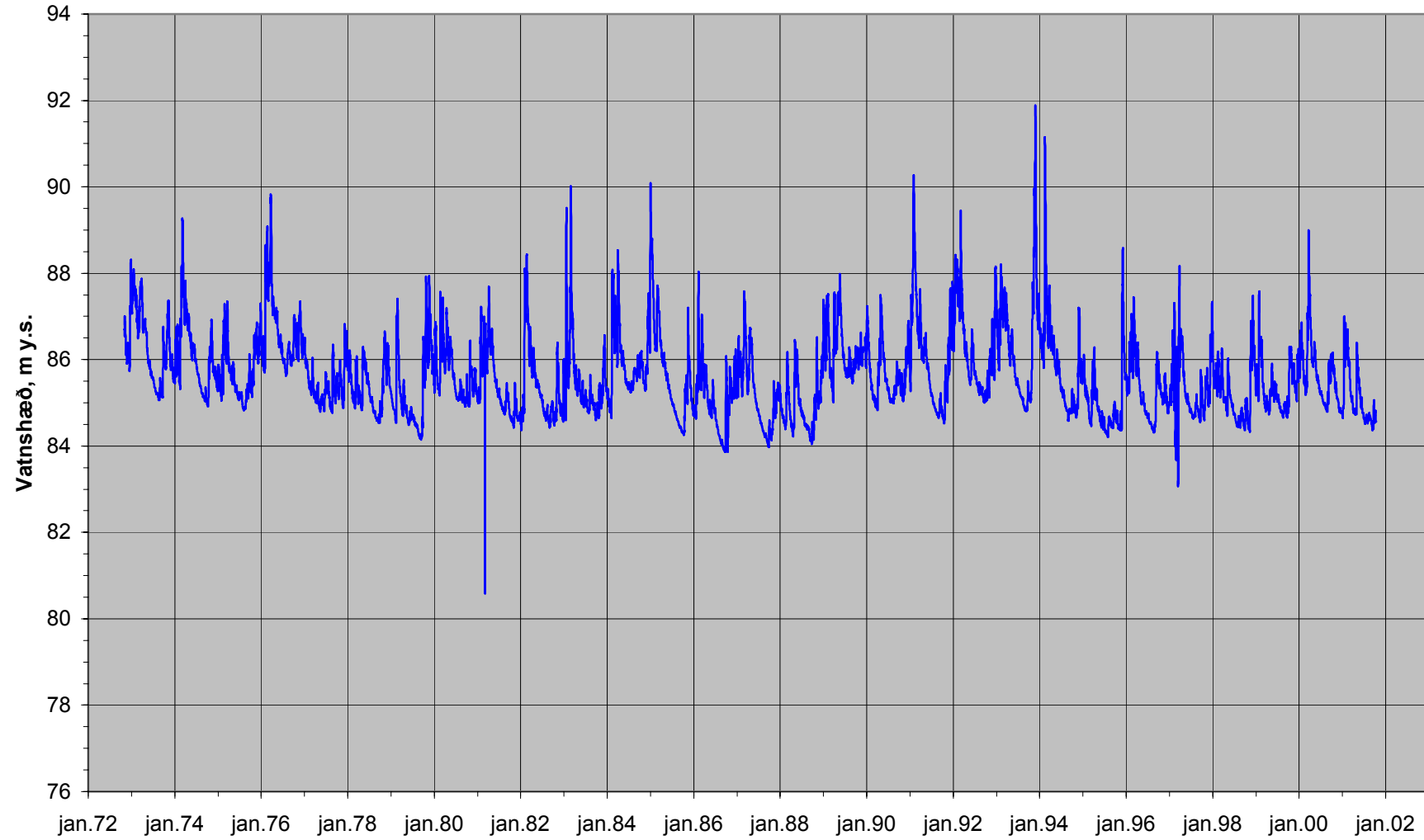
Mæld grunnvatnshæð við Þorgeirsstaði í Heiðmörk, hola vhm189



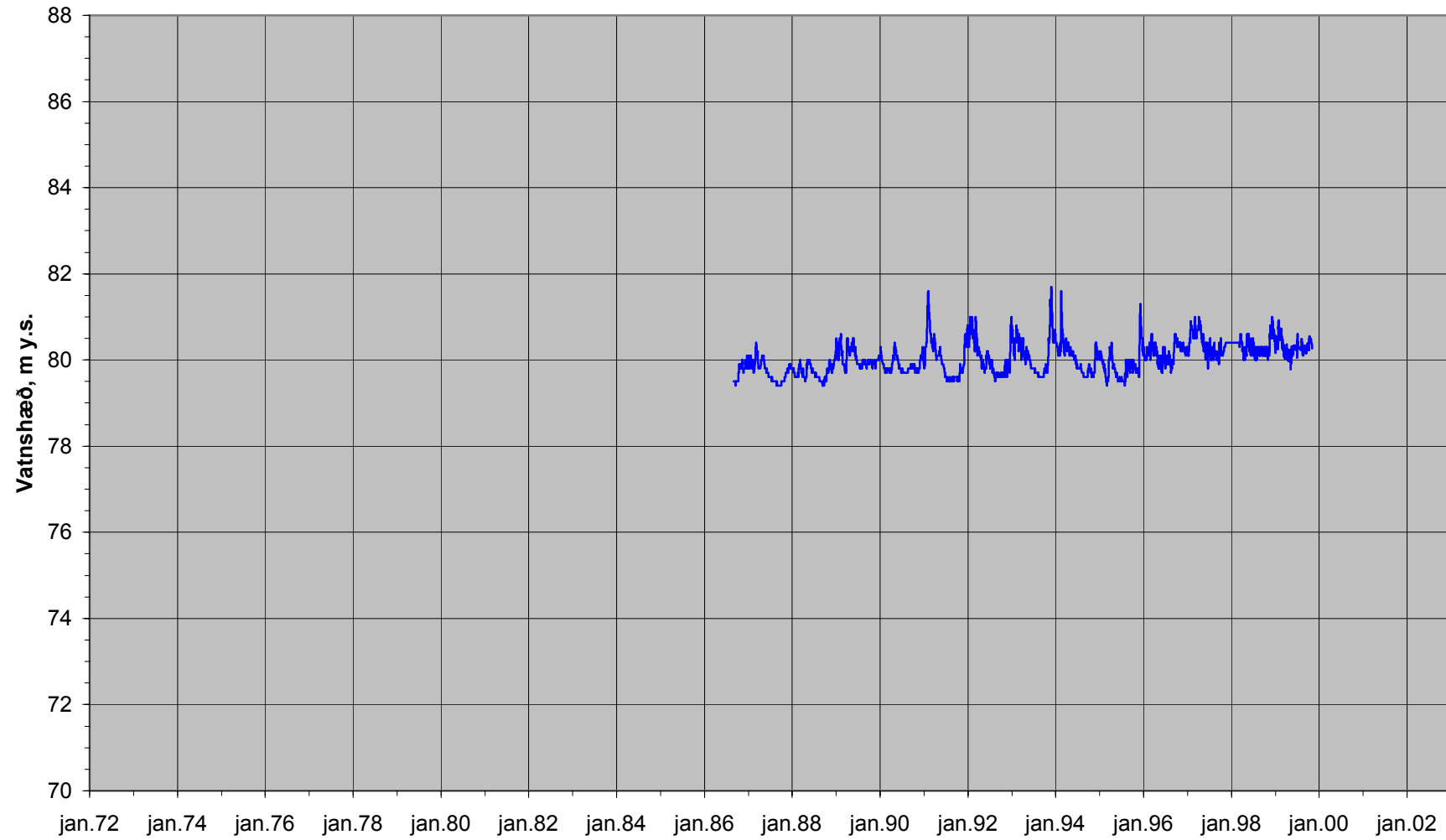
Mæld grunnvatnshæð við Berhól í Heiðmörk, hola vhm188



Mæld grunnvatnshæð við Undanfara í Heiðmörk, hola vhm187

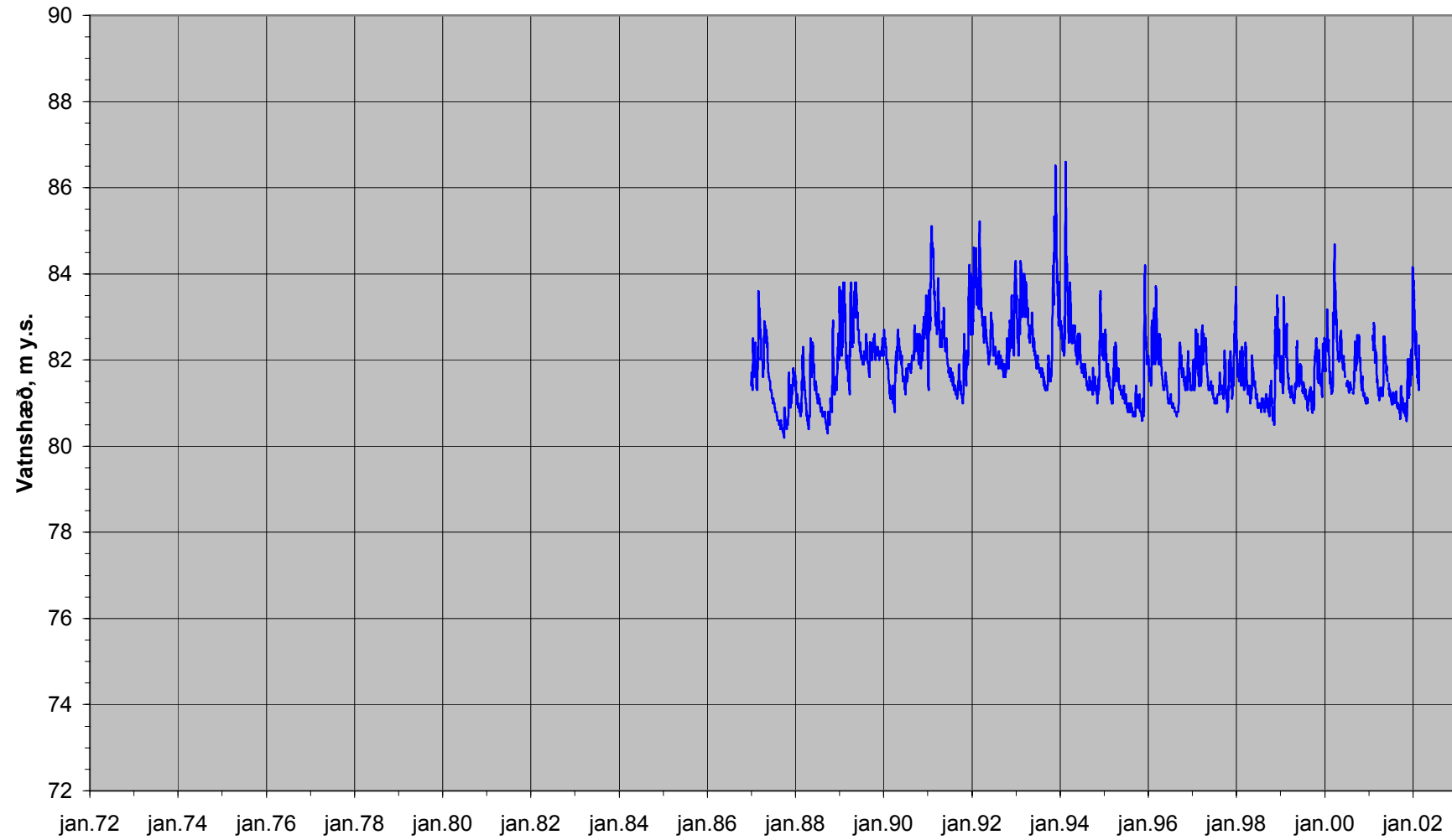


## Mæld grunnvatnshæð í holu v-7

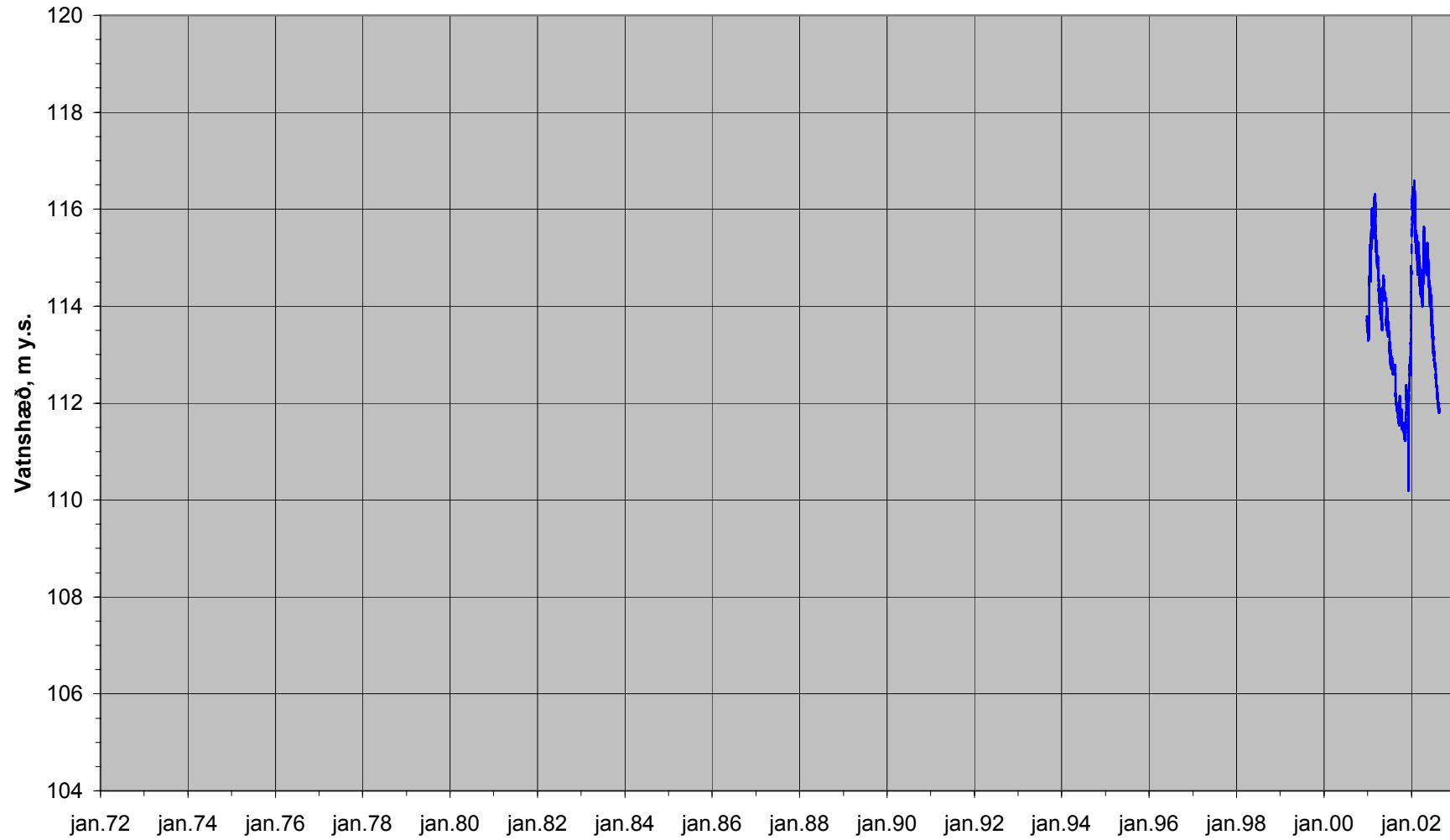




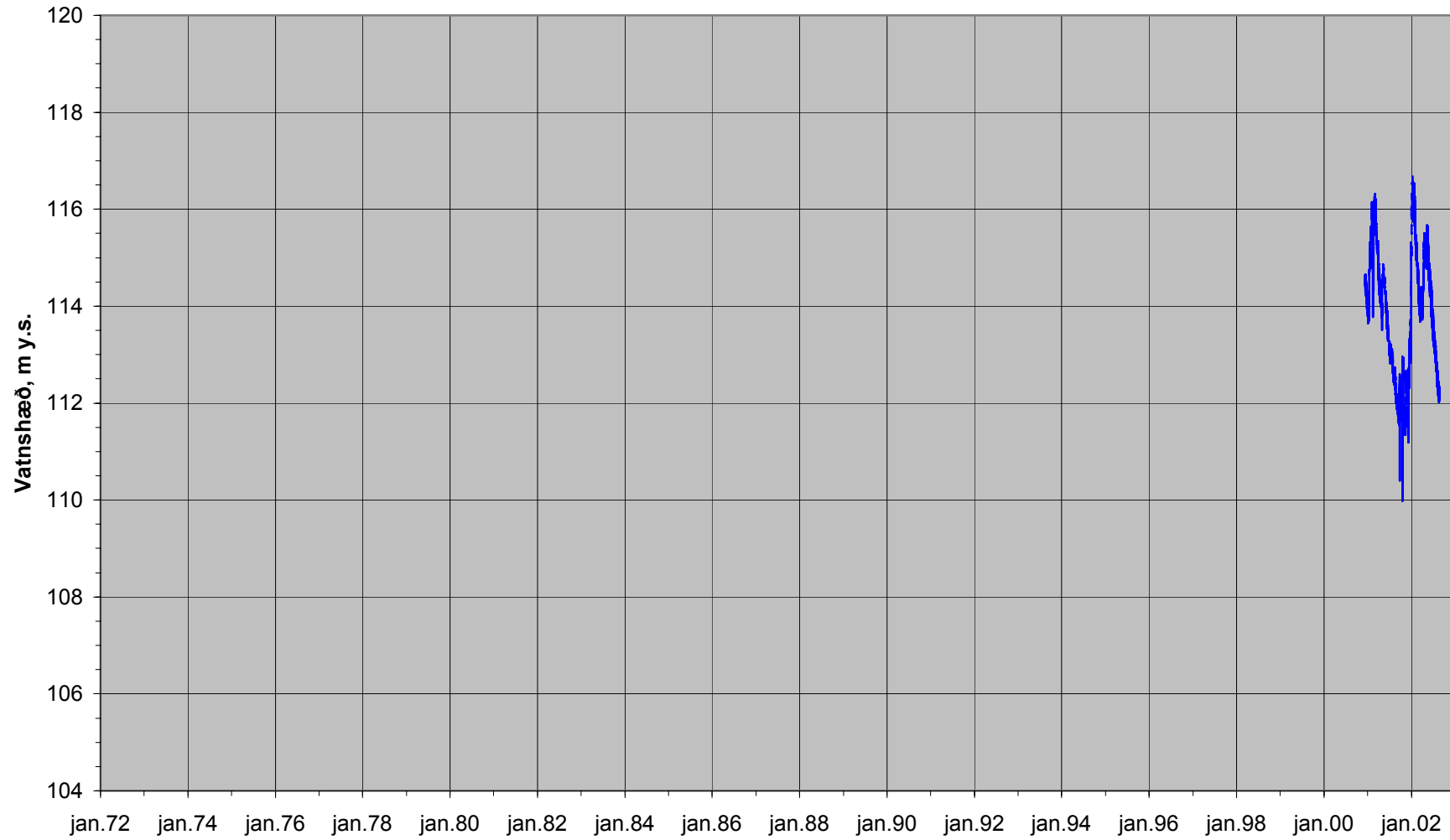
## Mæld grunnvatnshæð í holu v-18



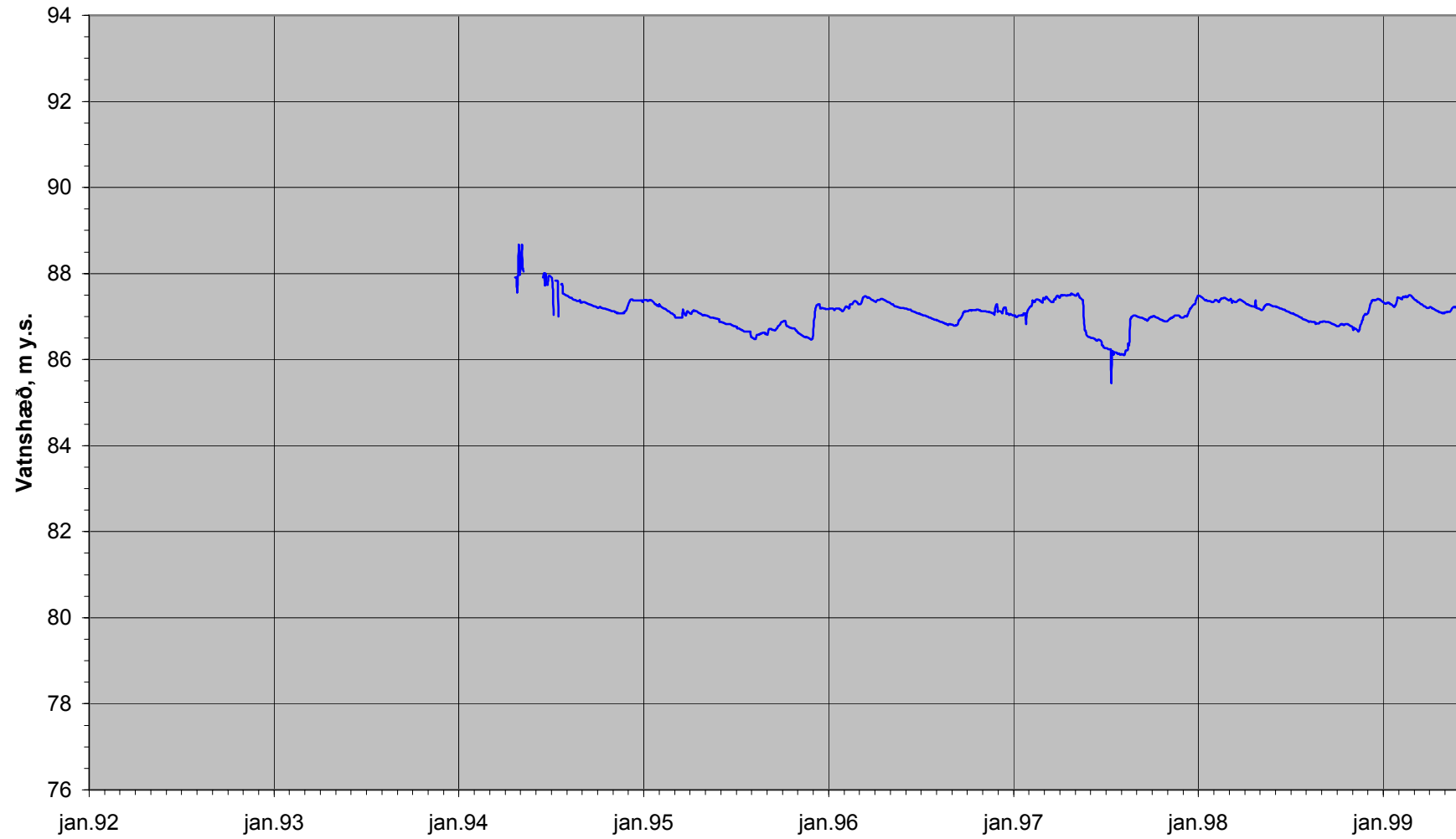
Mæld grunnvatnshæð í holu VK-1



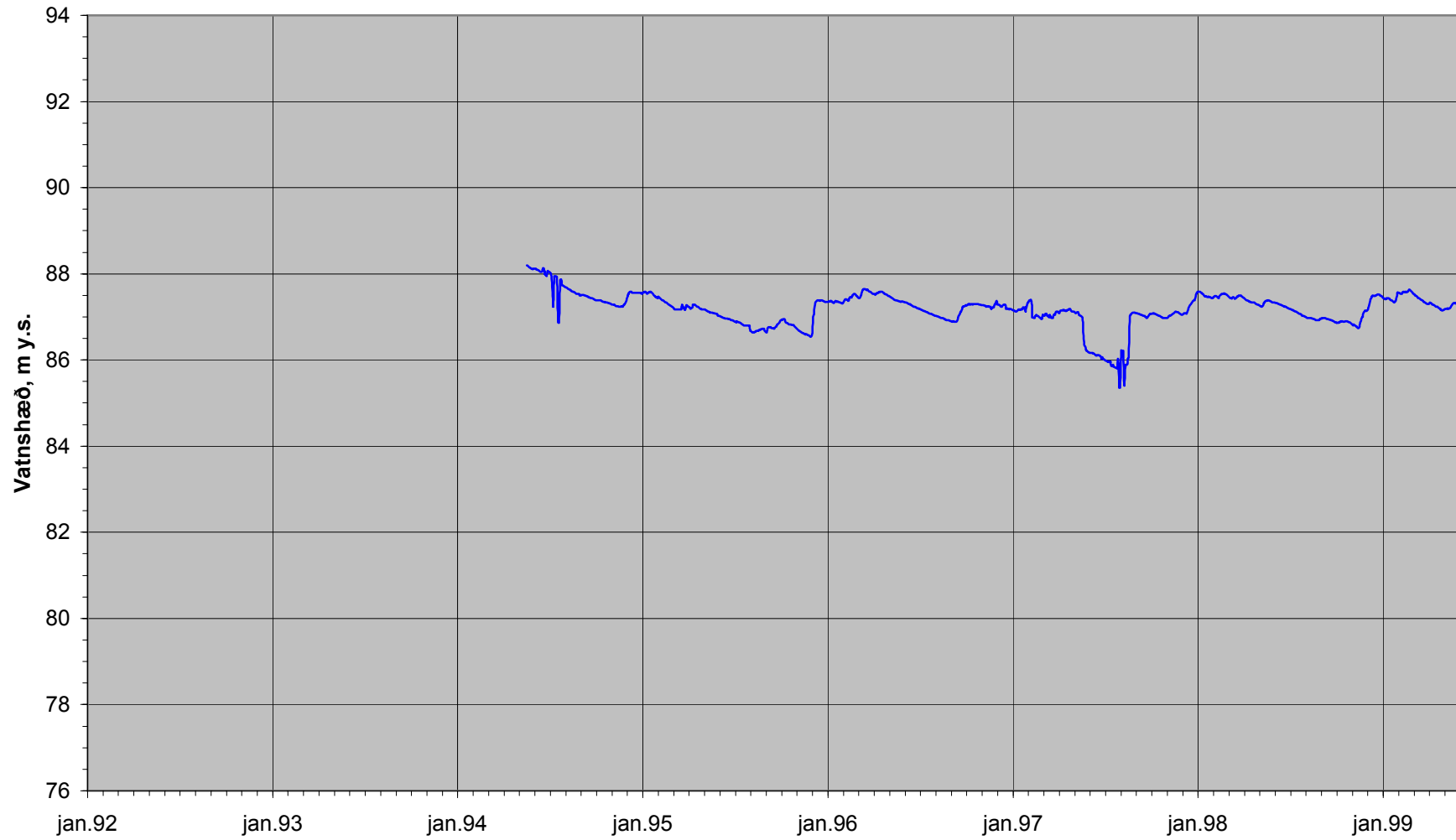
Mæld grunnvatnshæð í holu VK-5



## Mæld grunnvatnshæð í Kaldárseli, hola Va

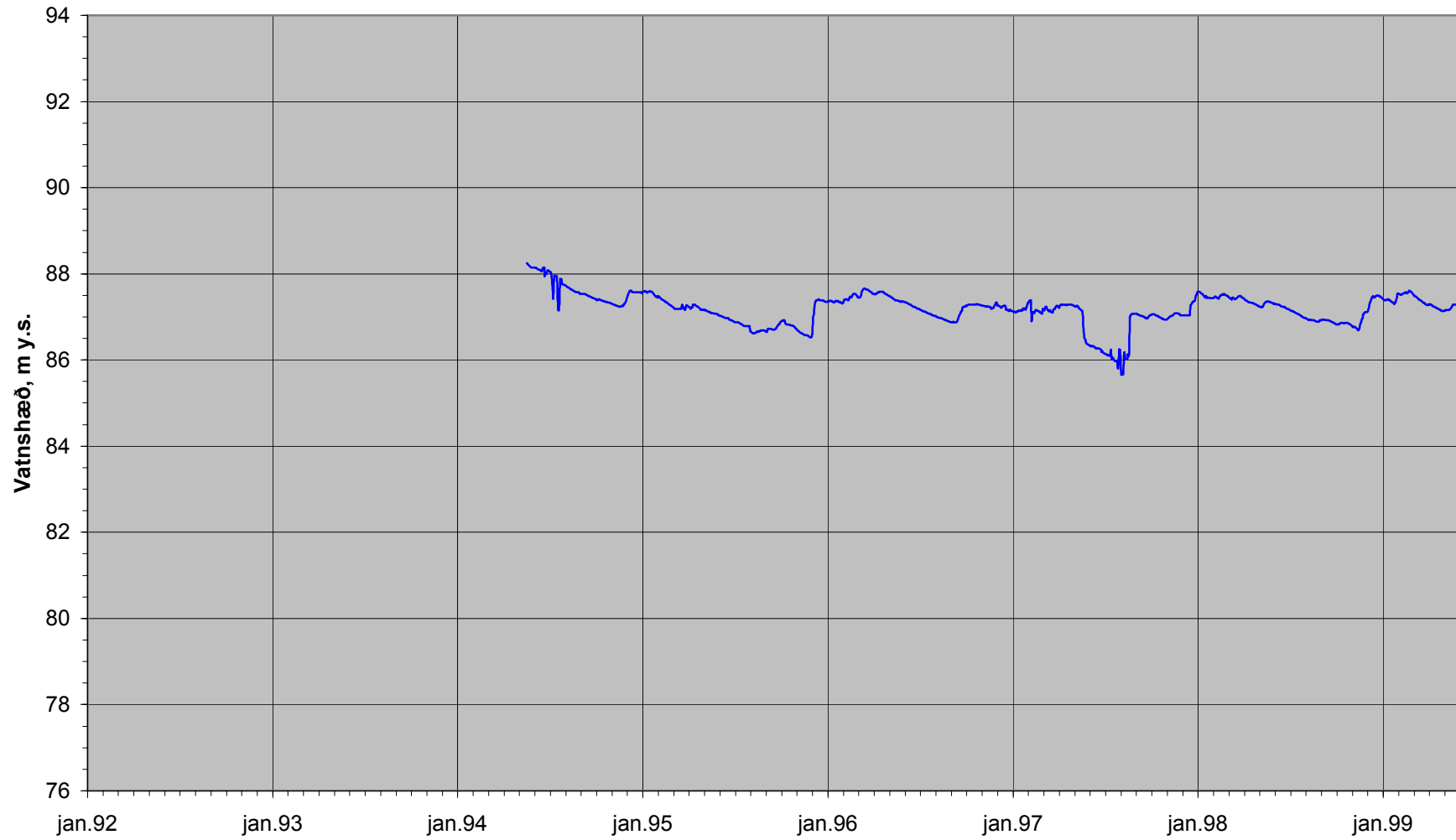


Mæld grunnvatnshæð í Kaldárseli, hola Vb

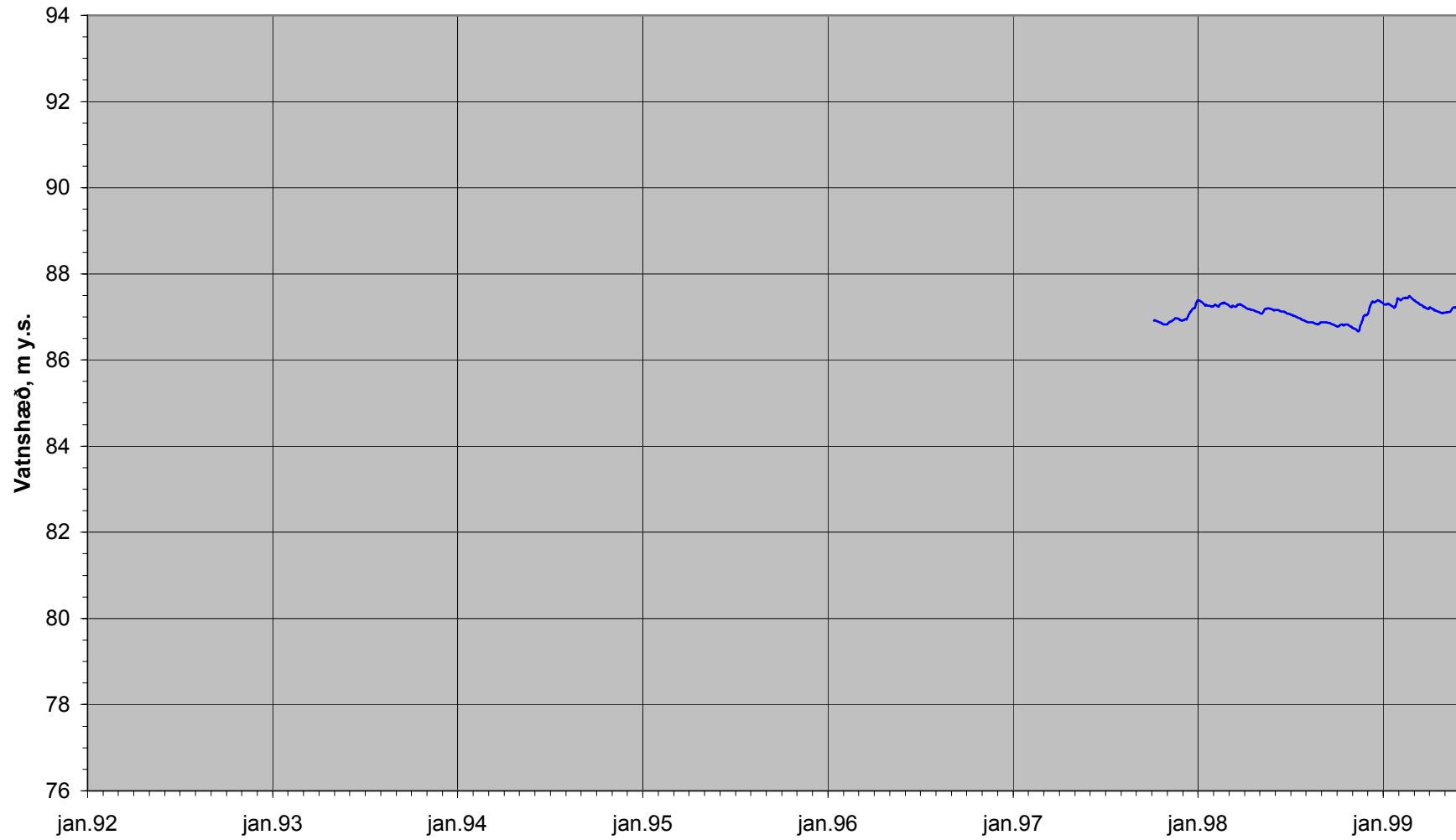




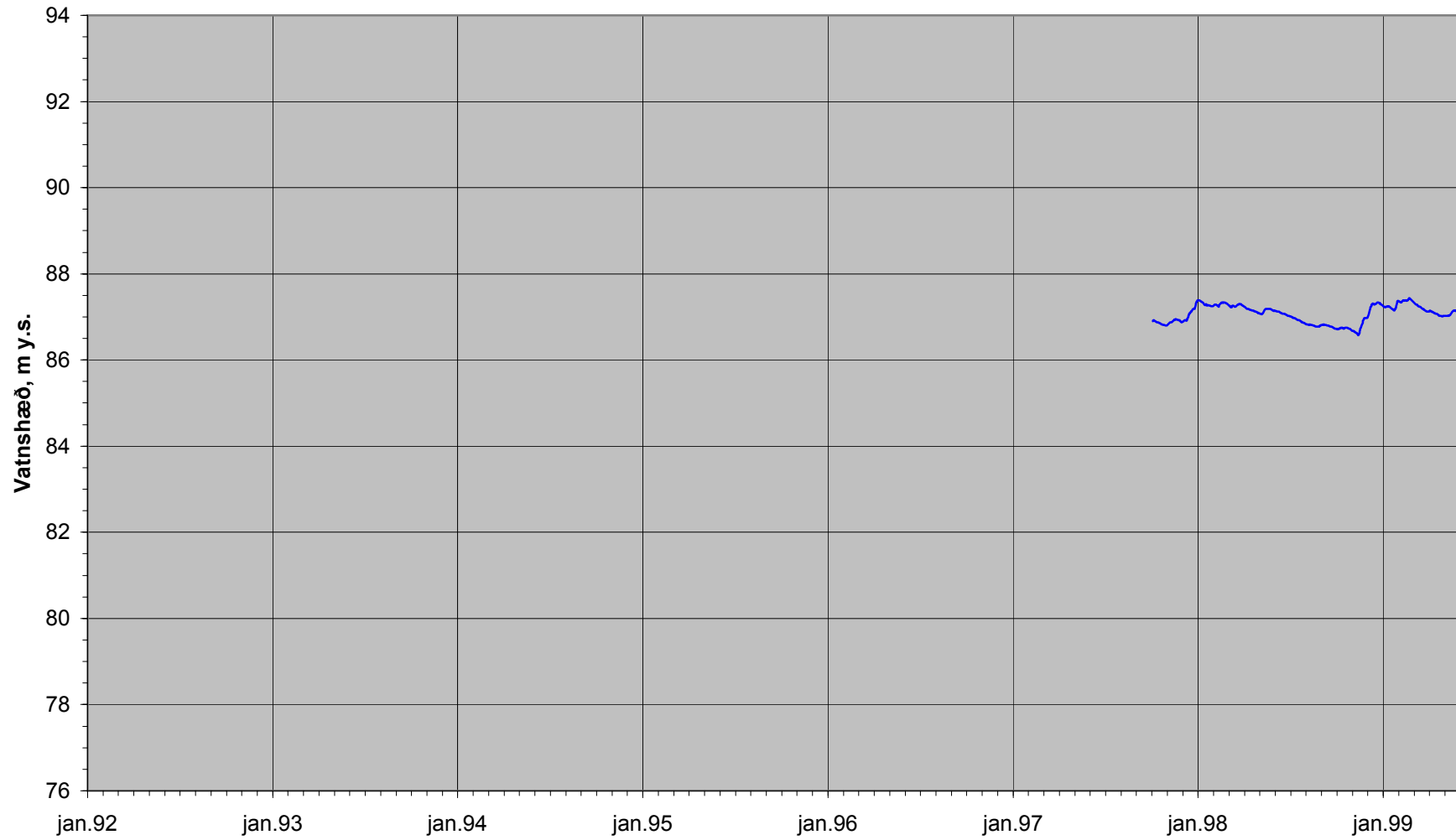
Mæld grunnvatnshæð í Kaldárseli, hola Vd



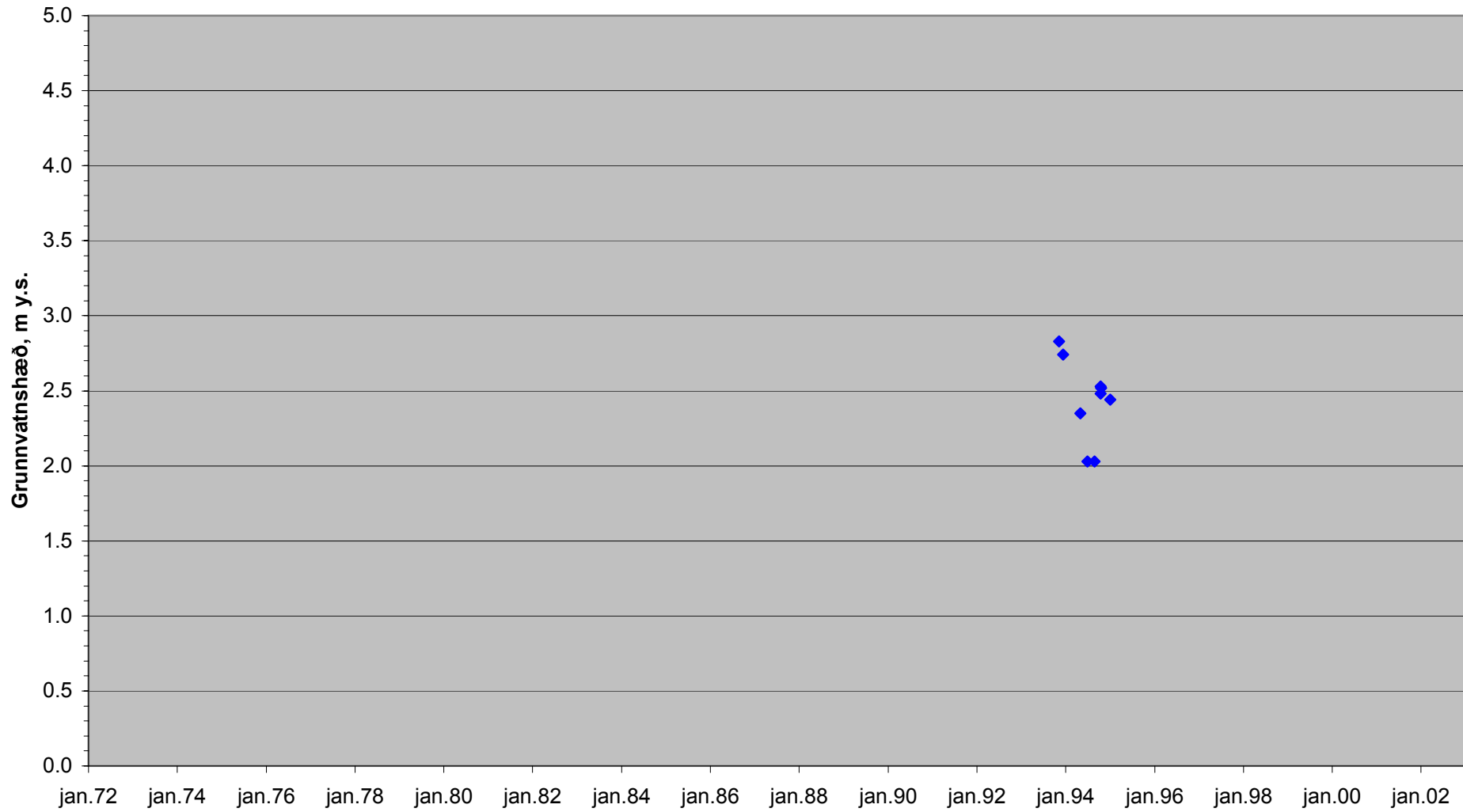
Mæld grunnvatnshæð í Kaldárseli, hola L1



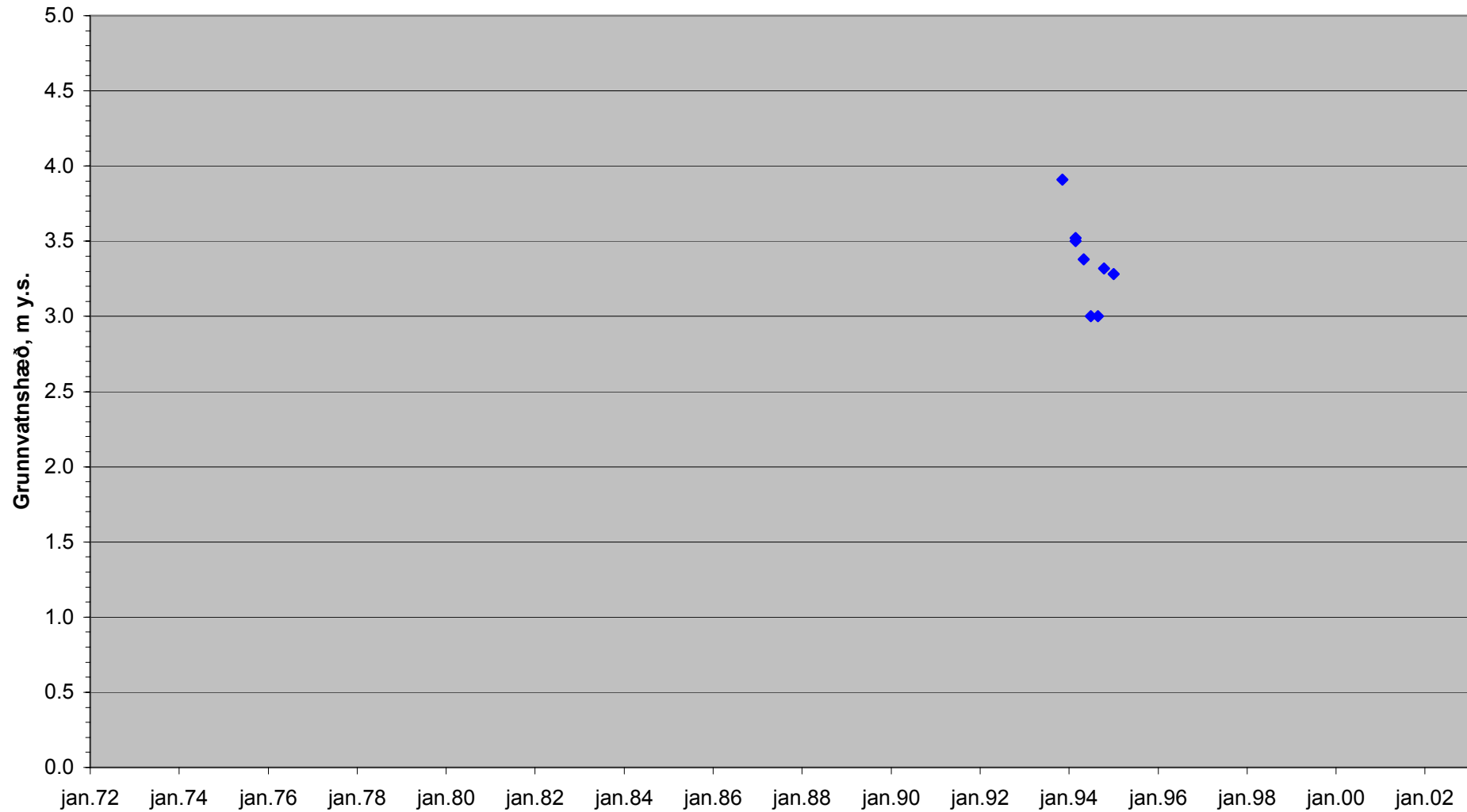
Mæld grunnvatnshæð í Kaldárseli, hola L2



Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í VA-01

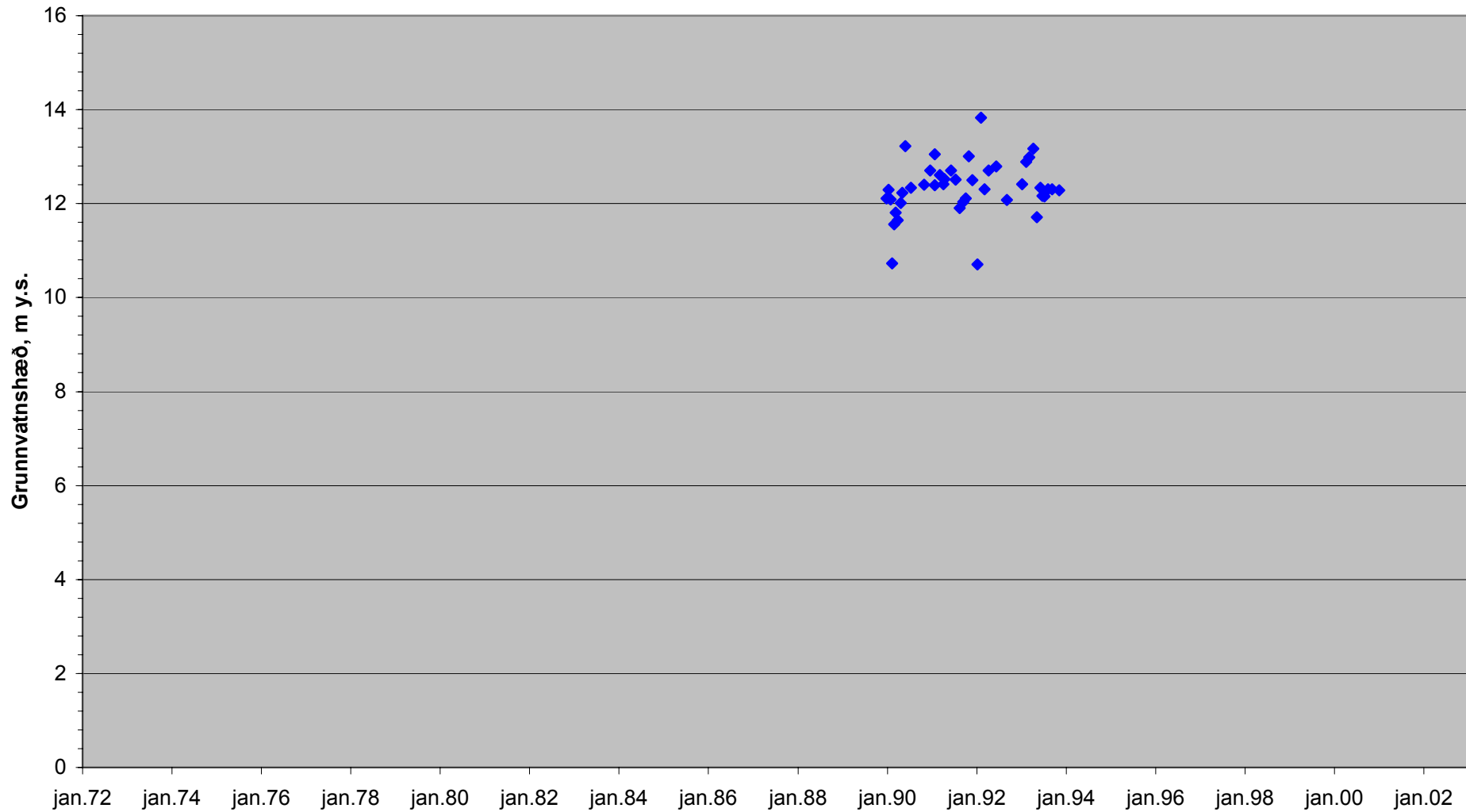


## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í VA-03

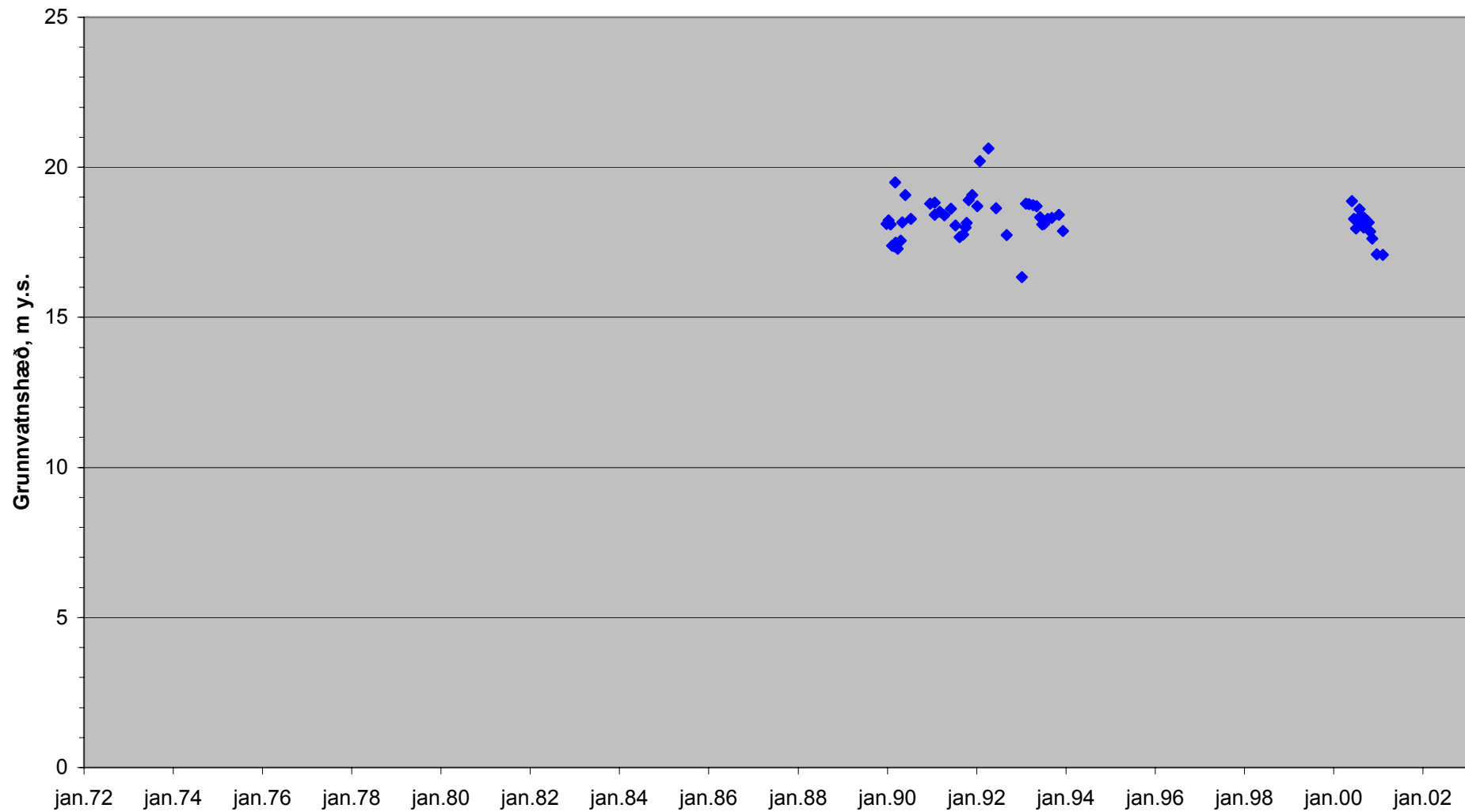




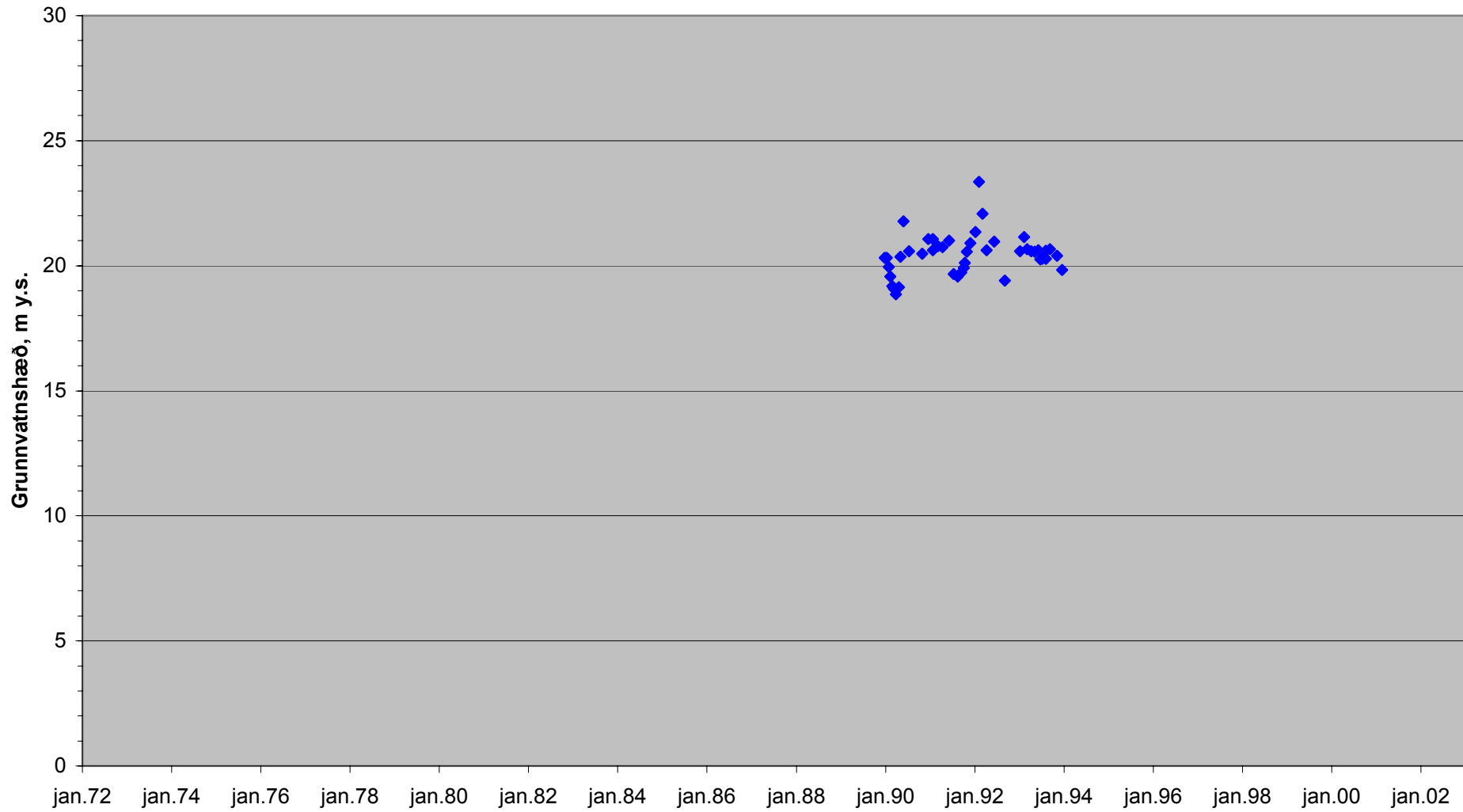
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-01



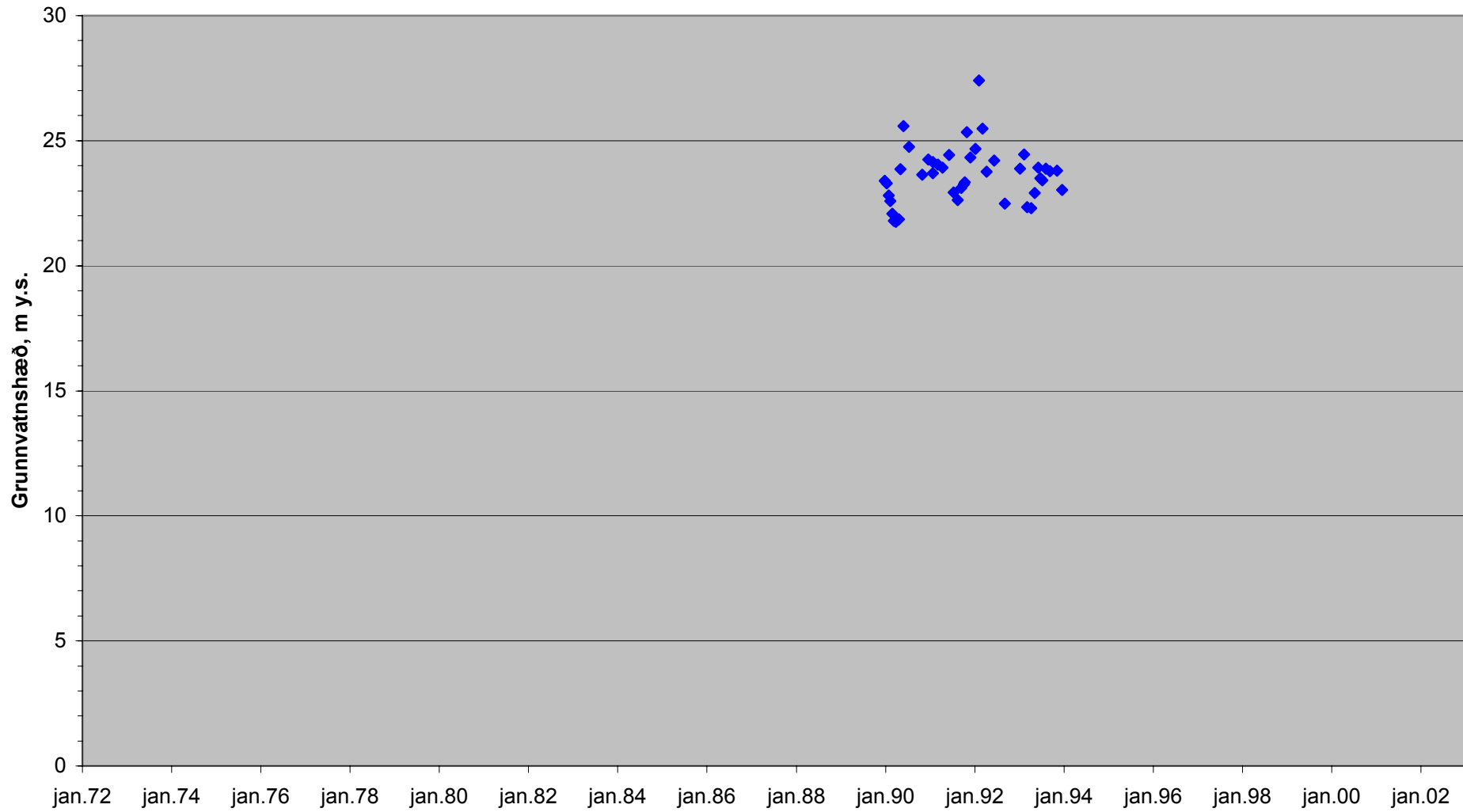
## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-02



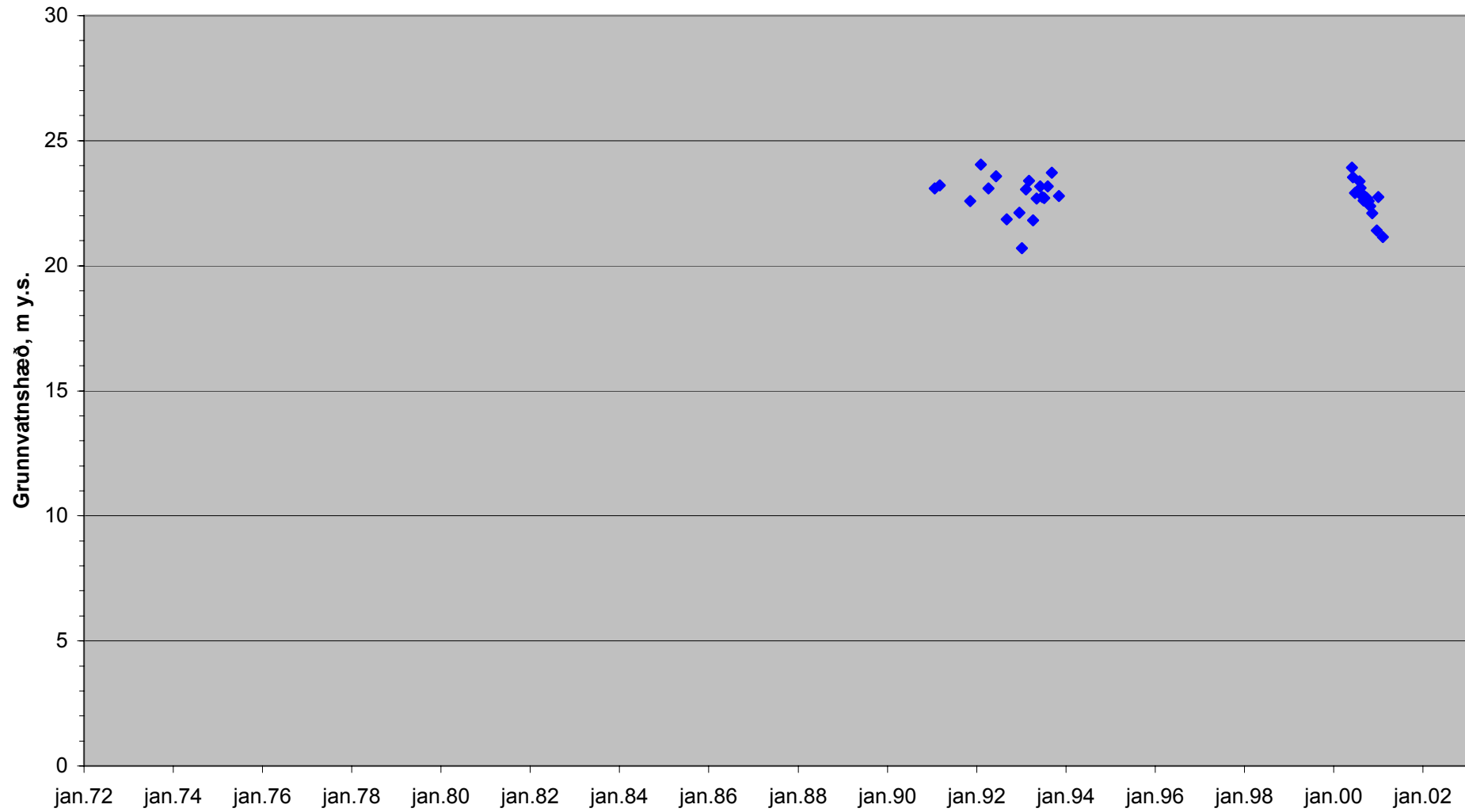
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-03



Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-04

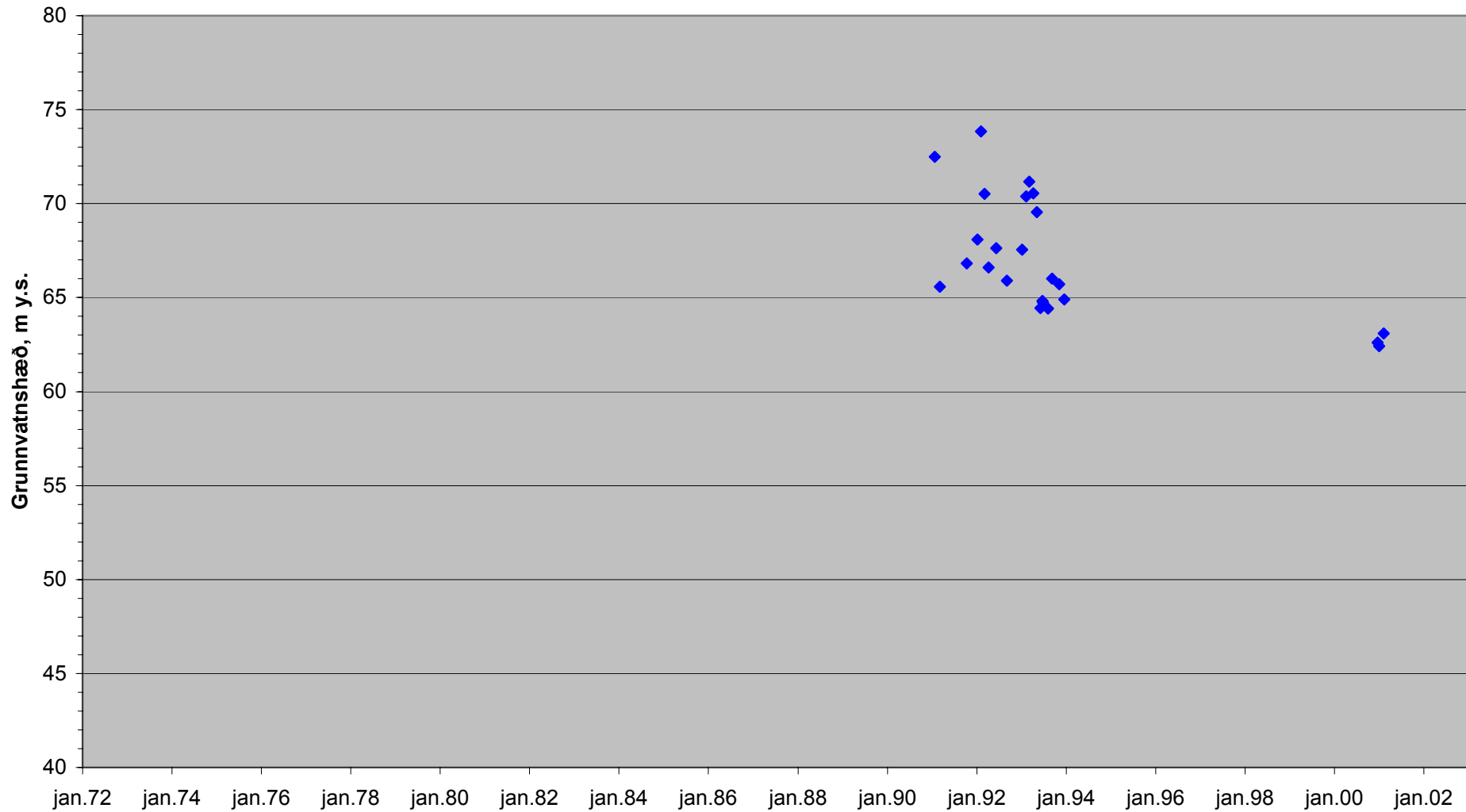


Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-06

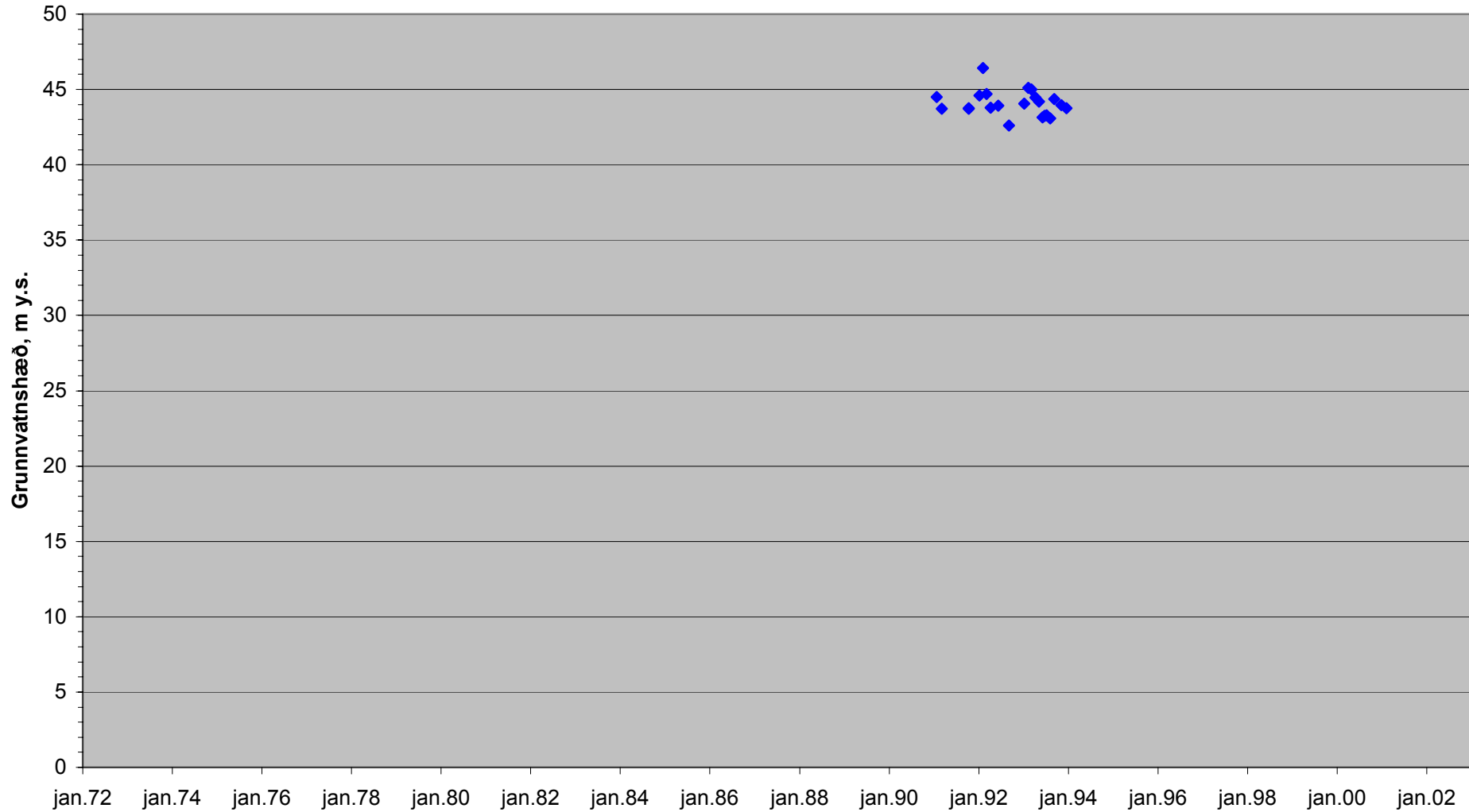




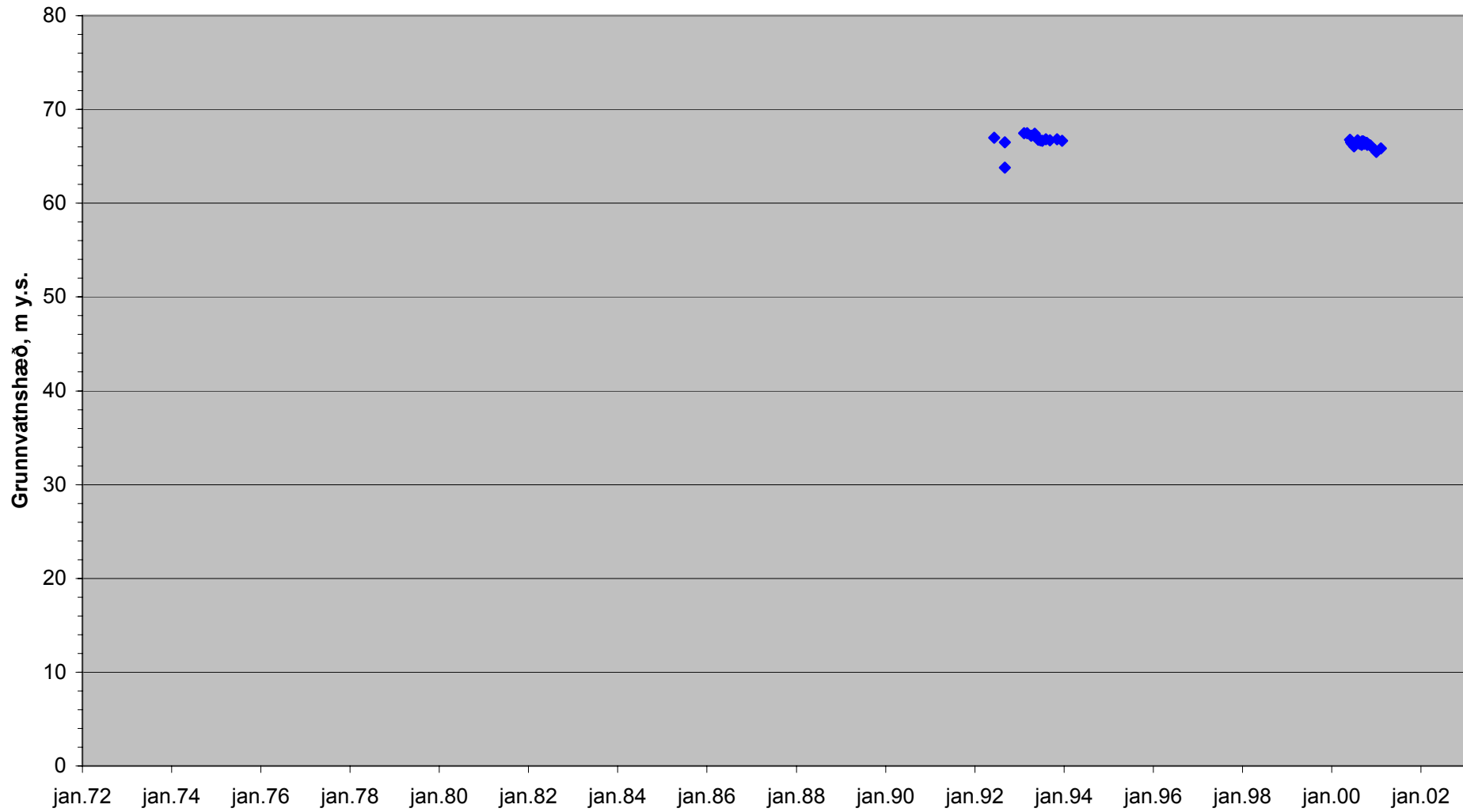
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-07



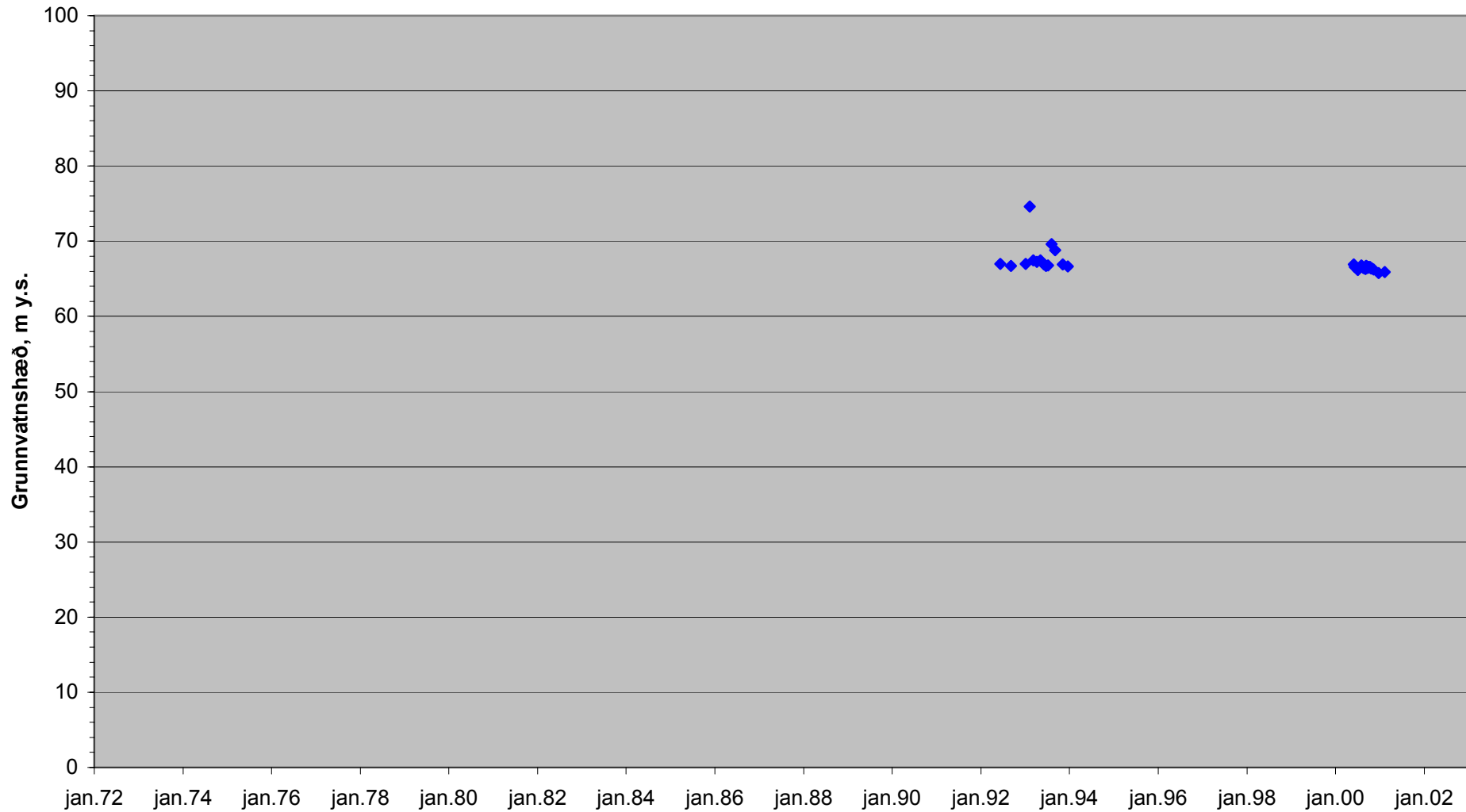
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-08



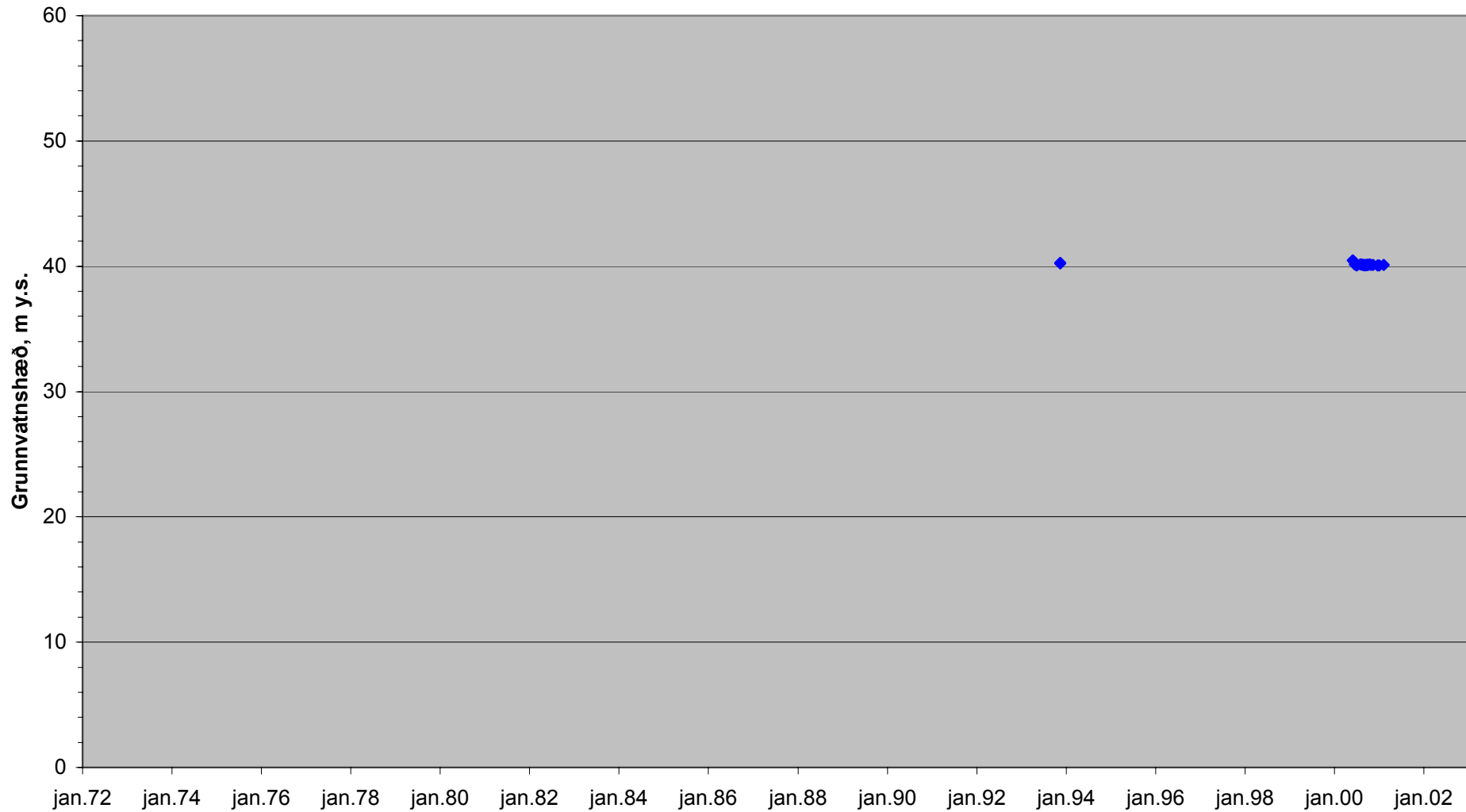
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-09



Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-10

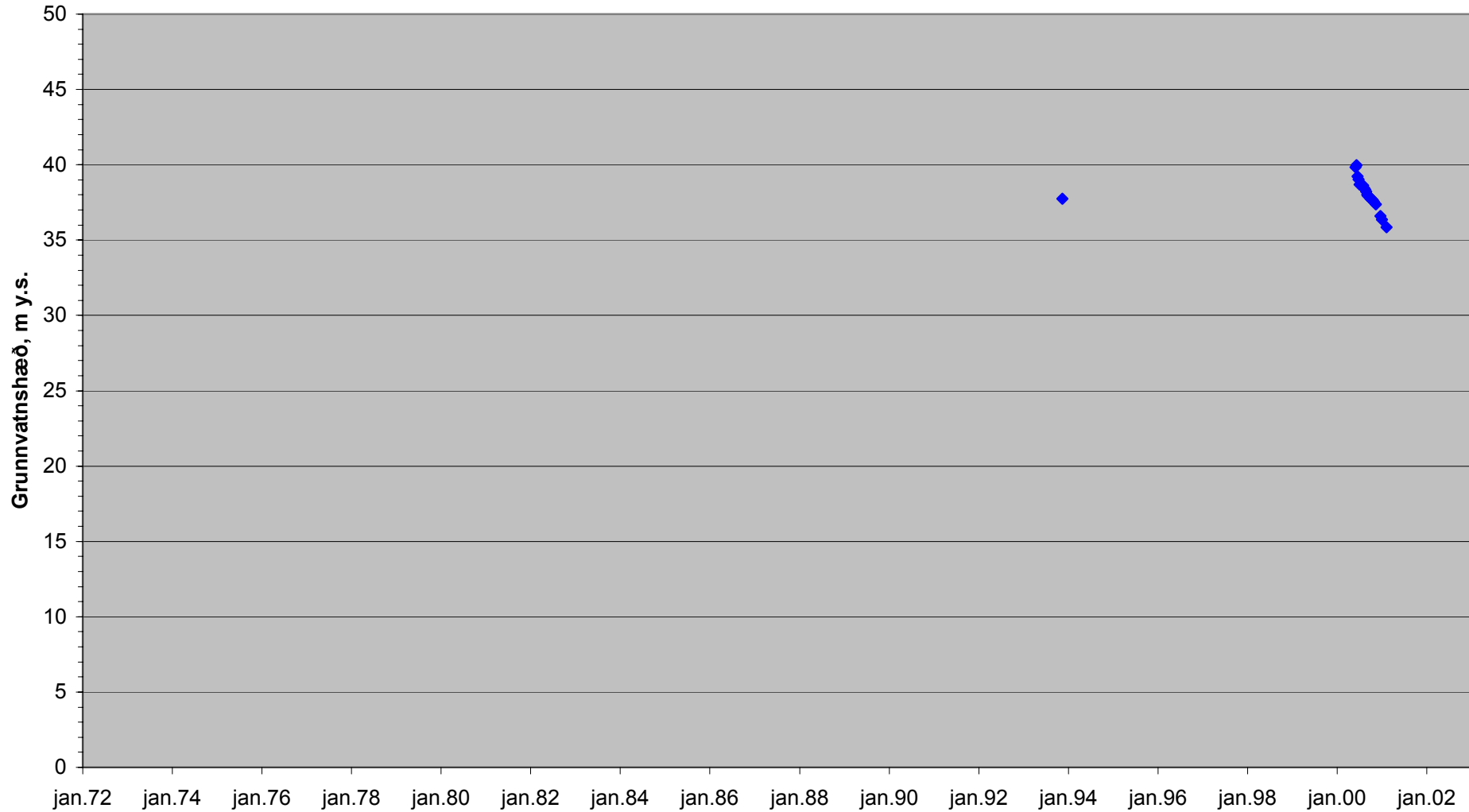


Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-12

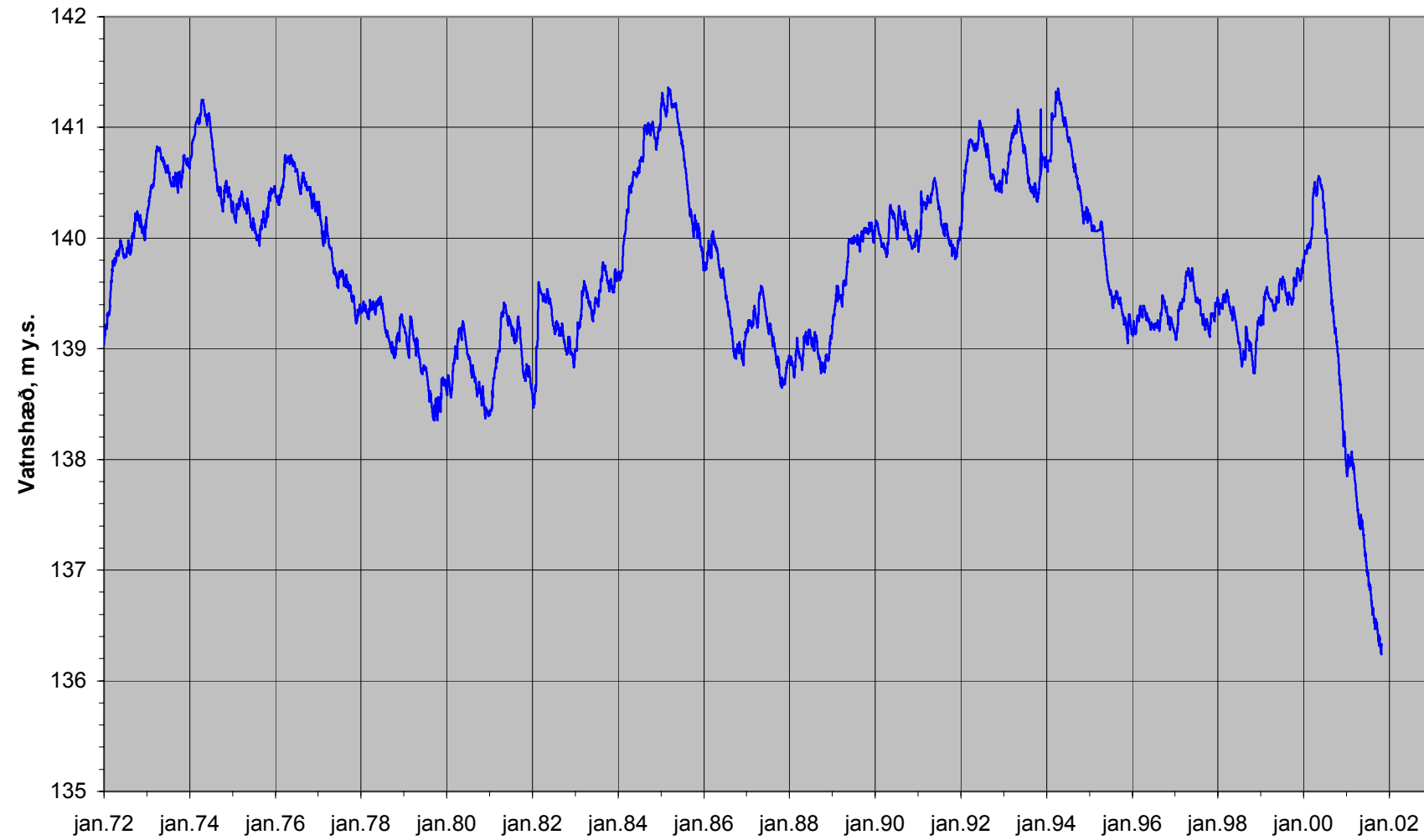




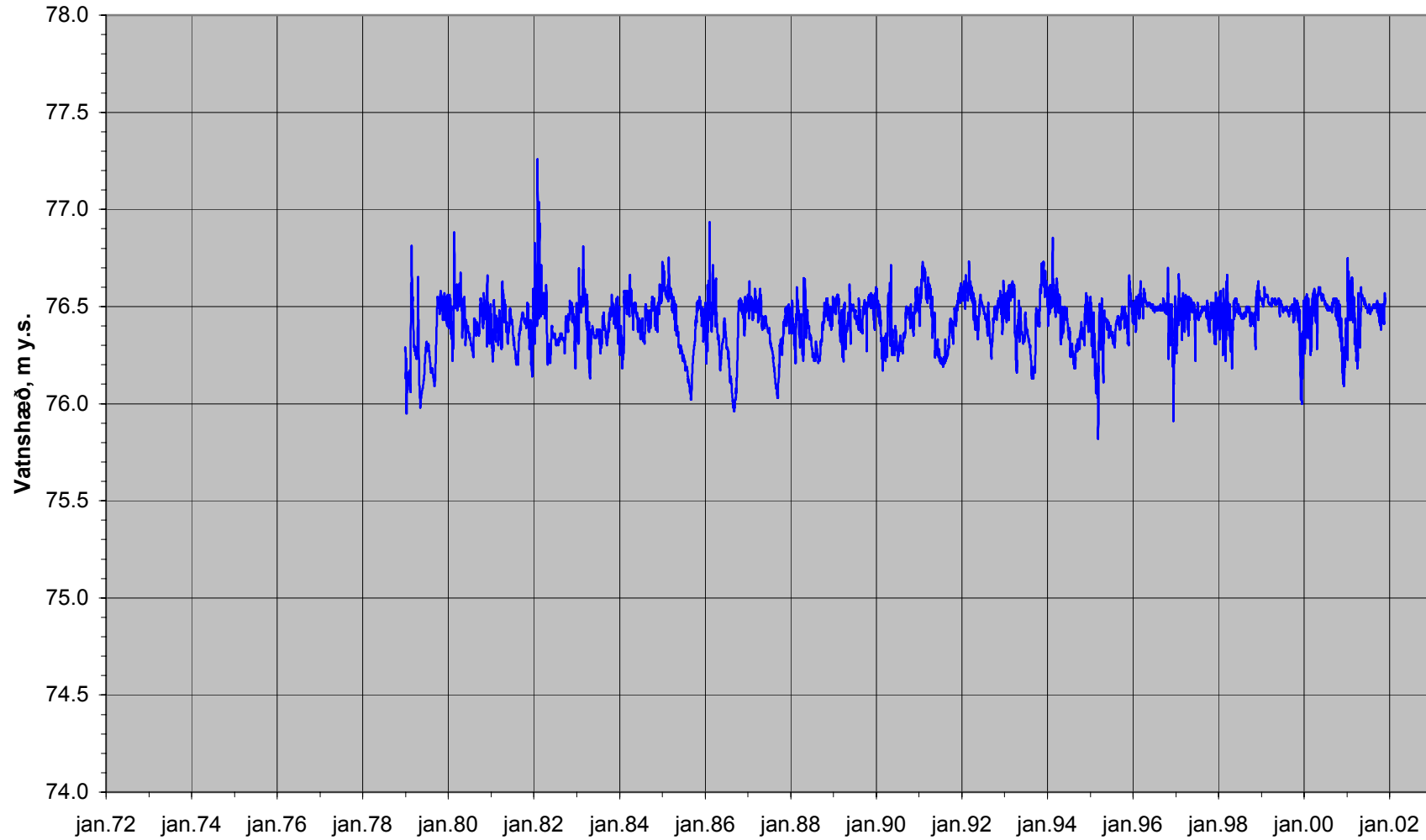
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-13



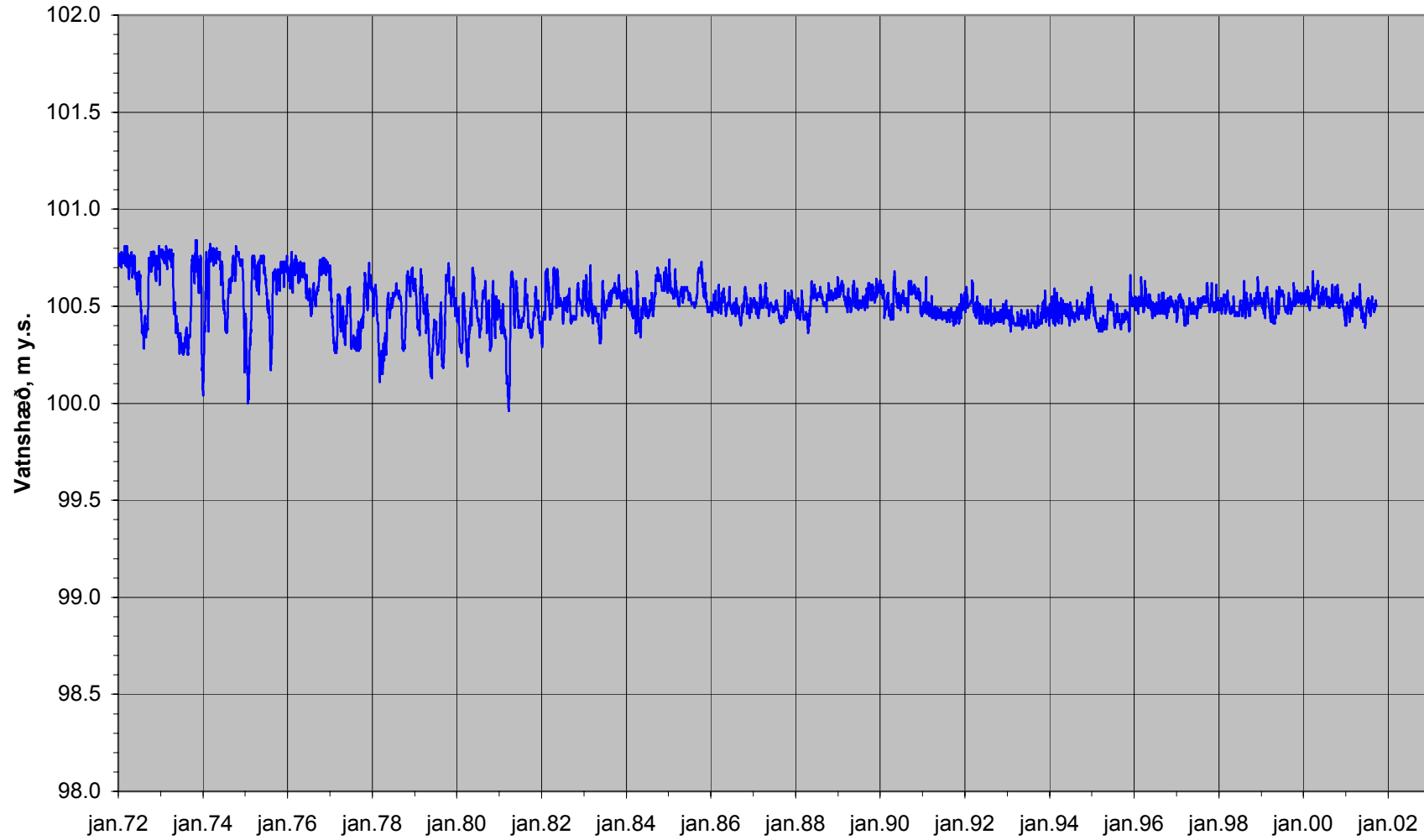
Mæld vatnshæð í Kleifarvatni



Mæld vatnshæð í Elliðavatni



Mæld vatnshæð í Þingvallavatni

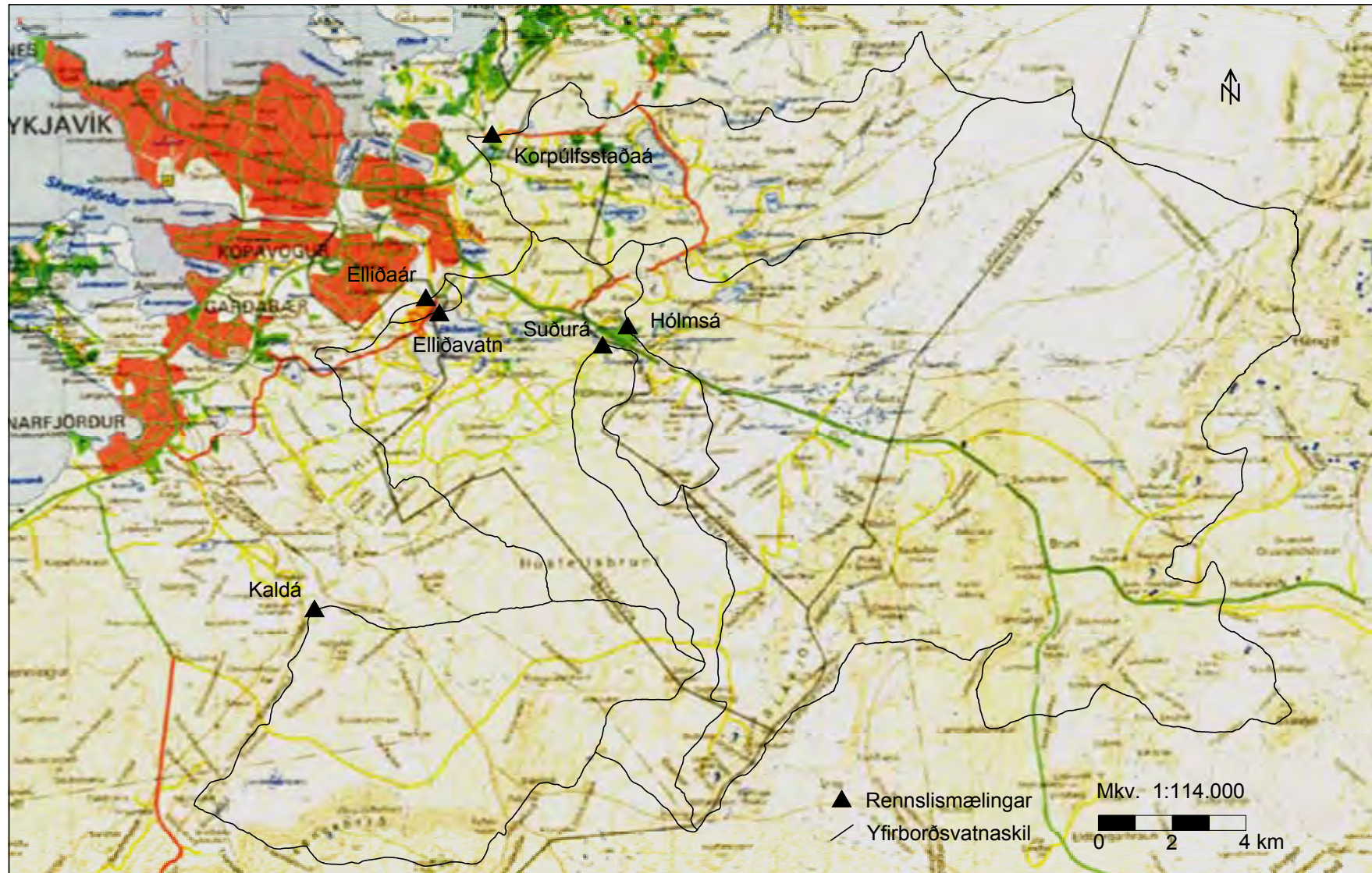


VATNASKIL

HENGILL

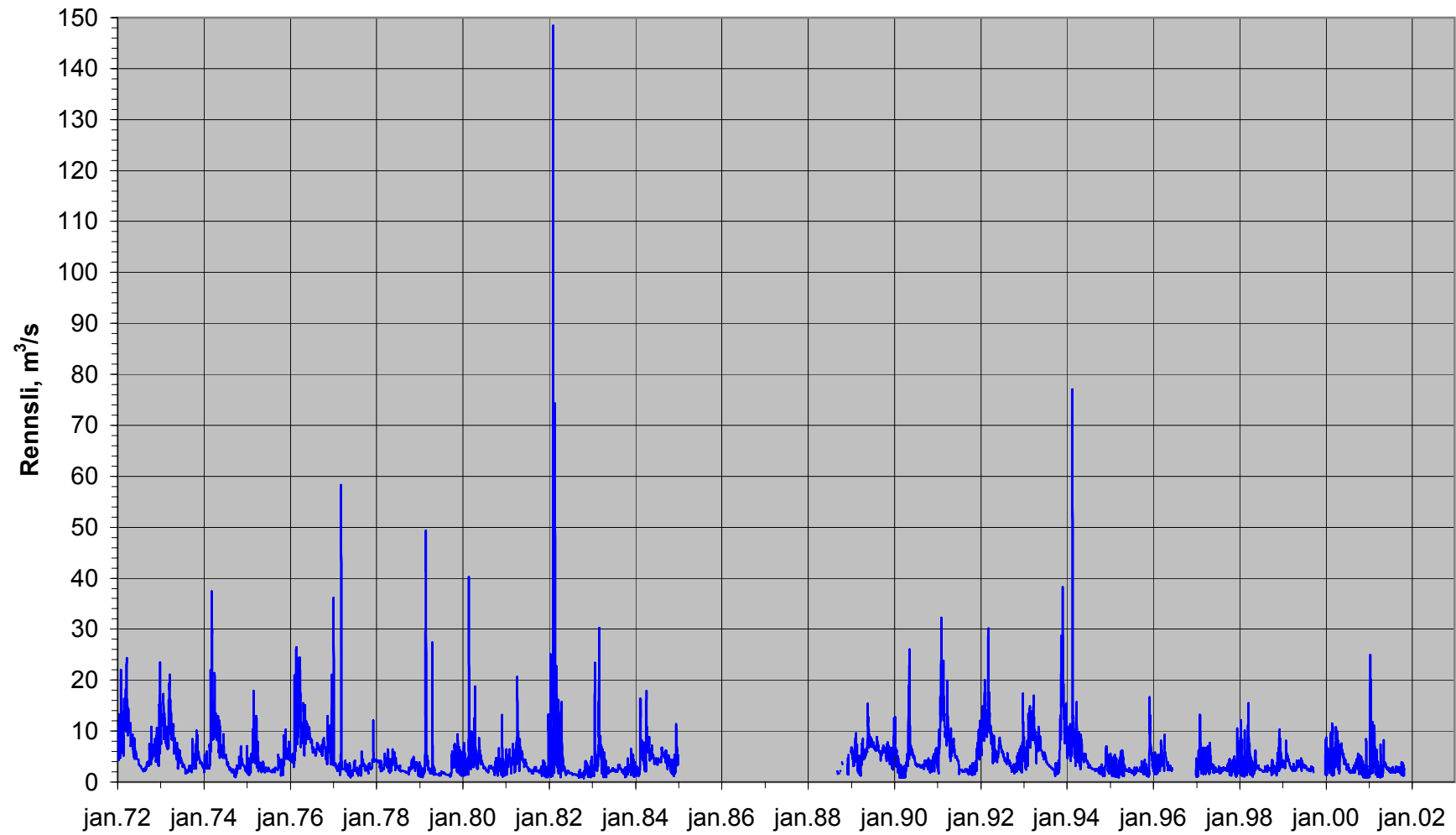
ORKUVEITA REYKJAVÍKUR

Staðsetning rennslismælingastöðva

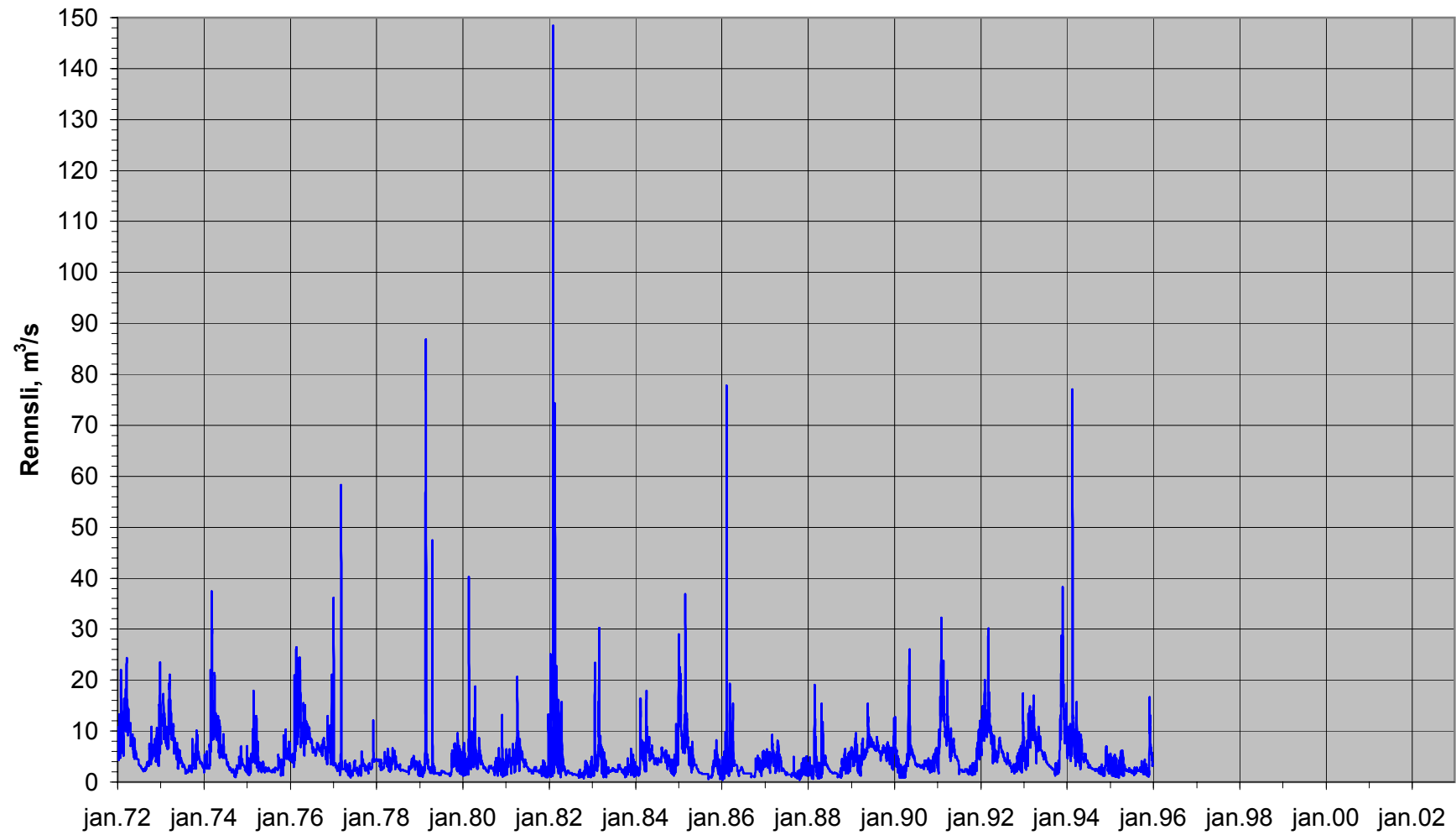




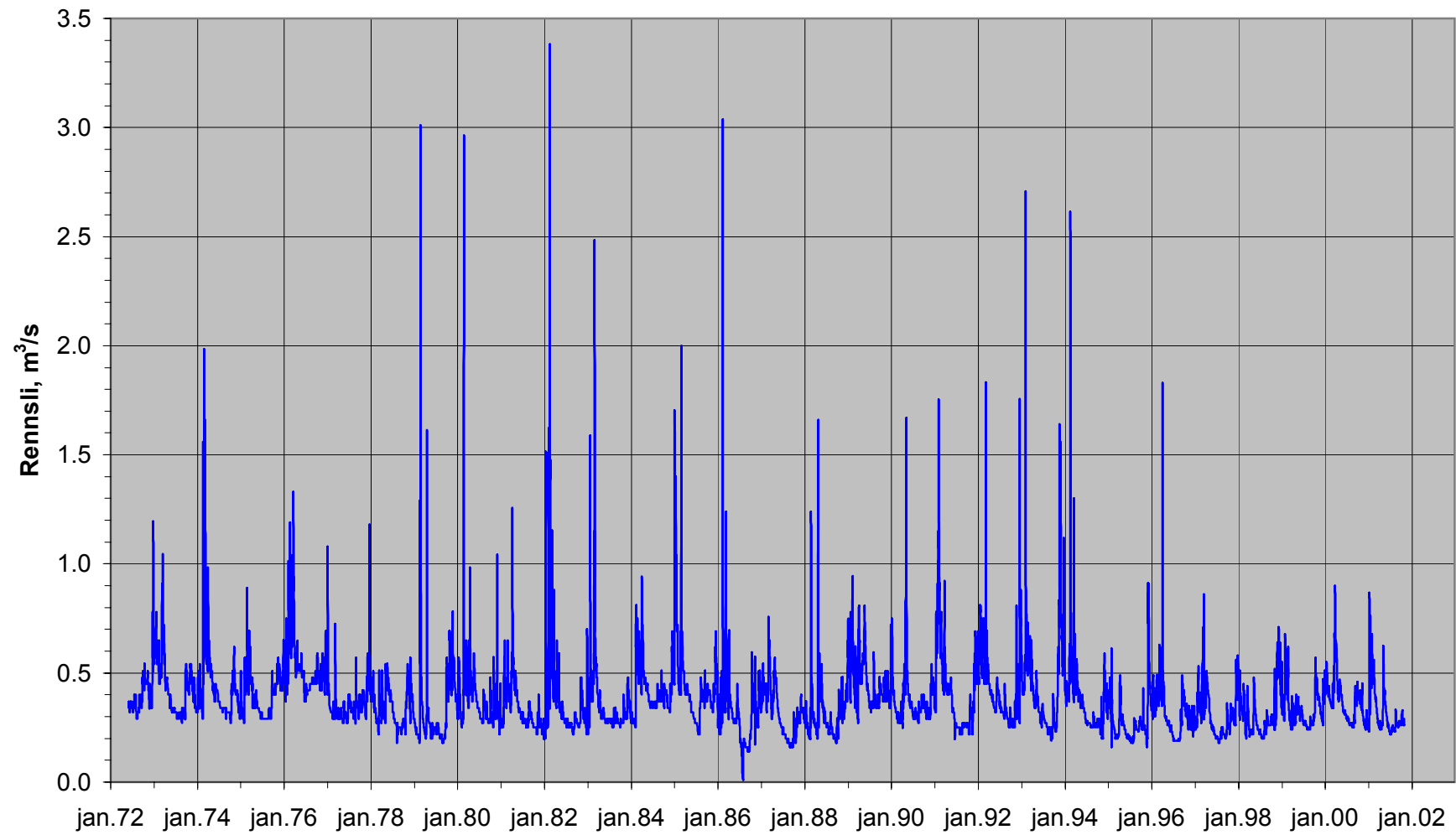
## Mælt rennsli í Elliðaám



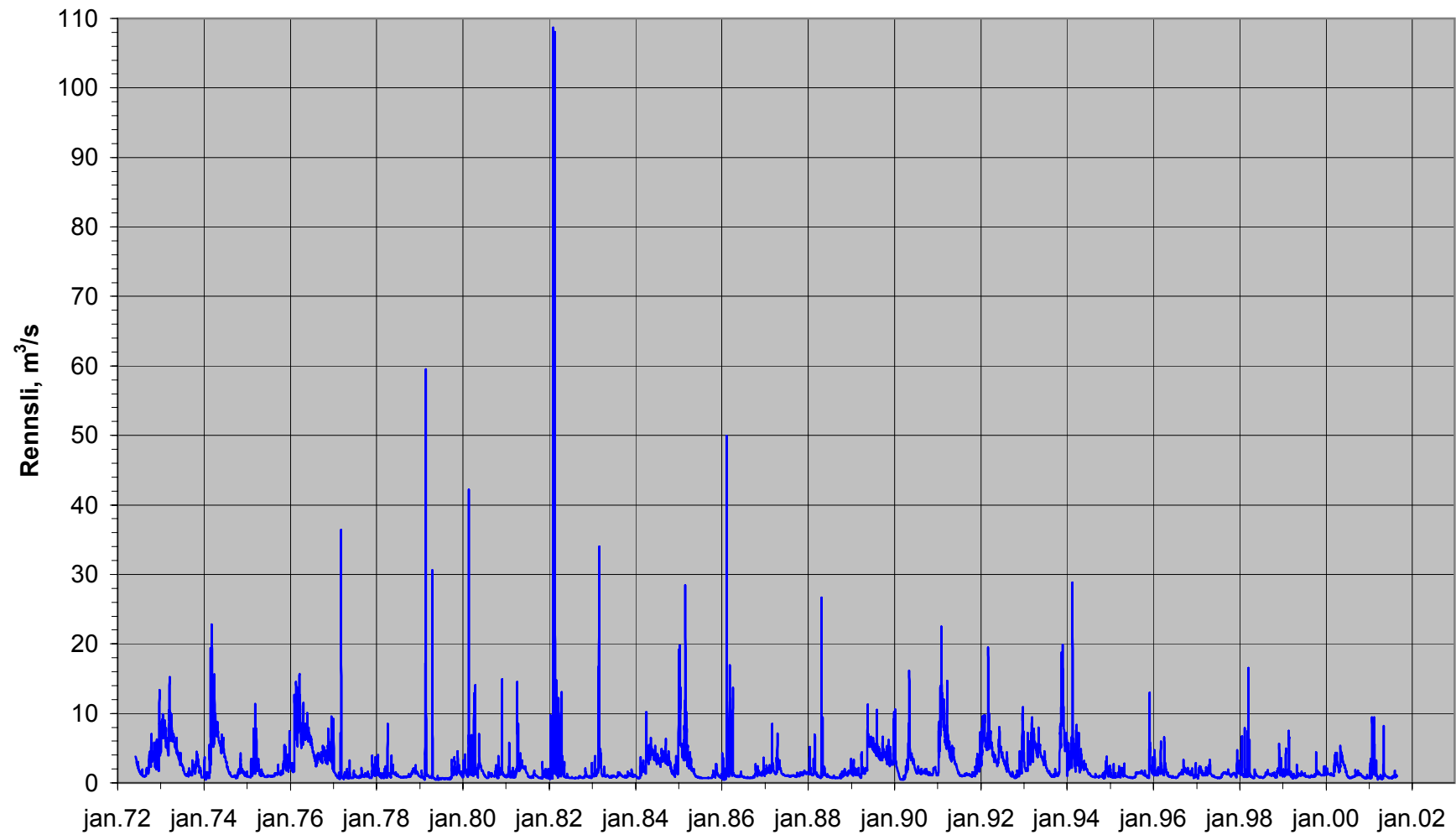
Mælt rennsli úr Elliðavatni



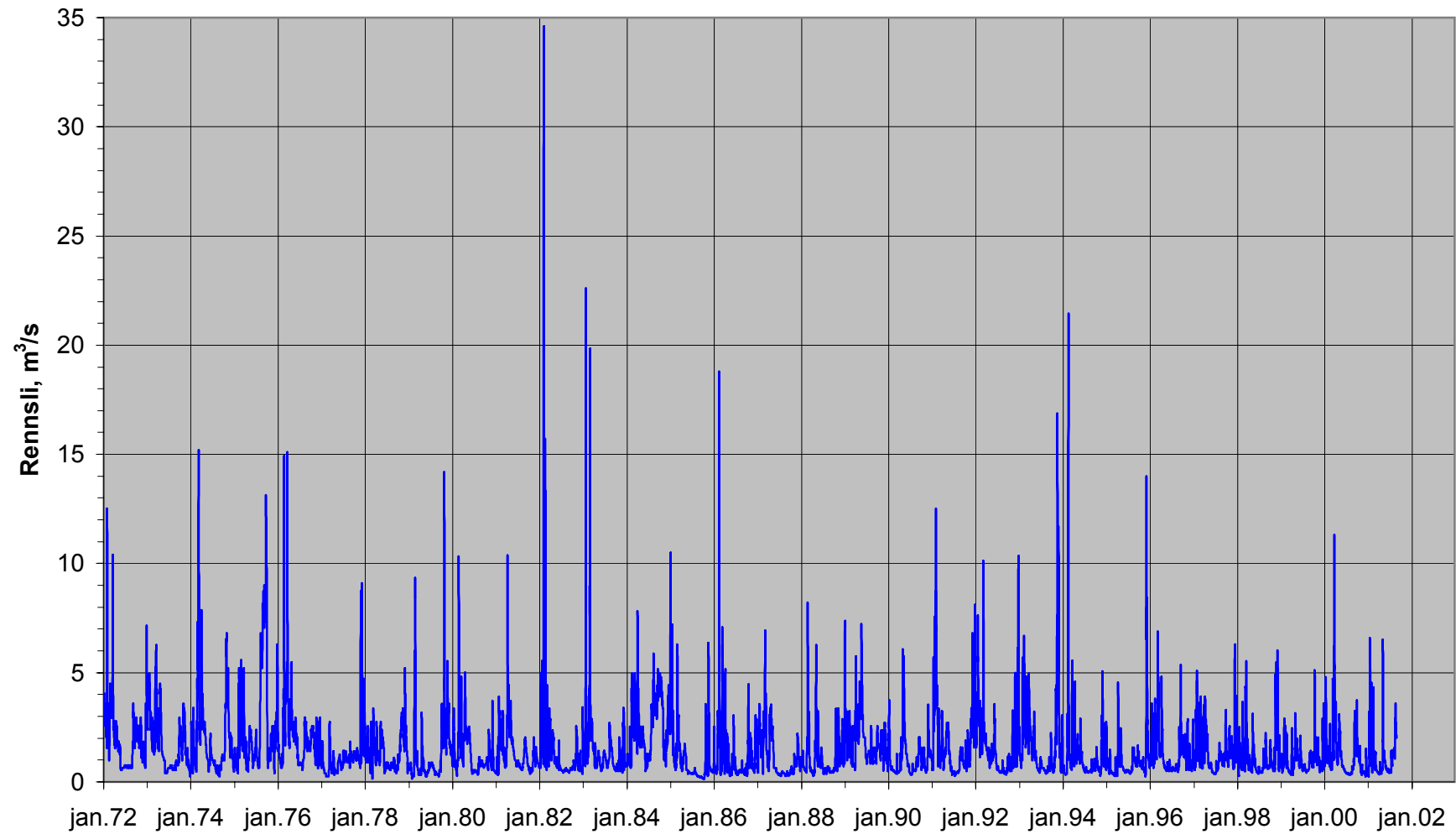
## Mælt rennsli í Suðurá



## Mælt rennsli í Hólmsá

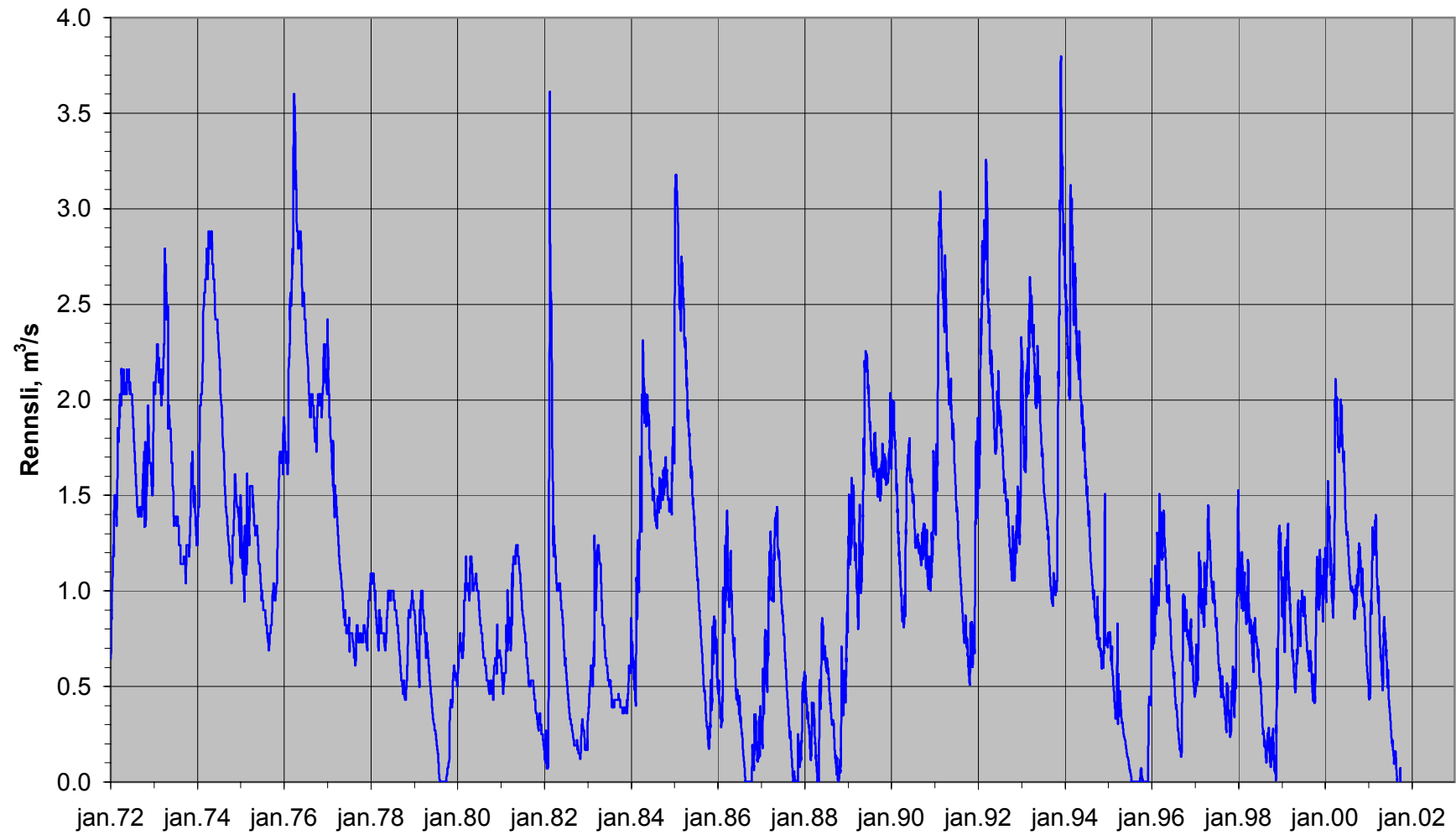


## Mælt rennsli í Korpúlfsstaðaá





Mælt rennsli í Kaldá

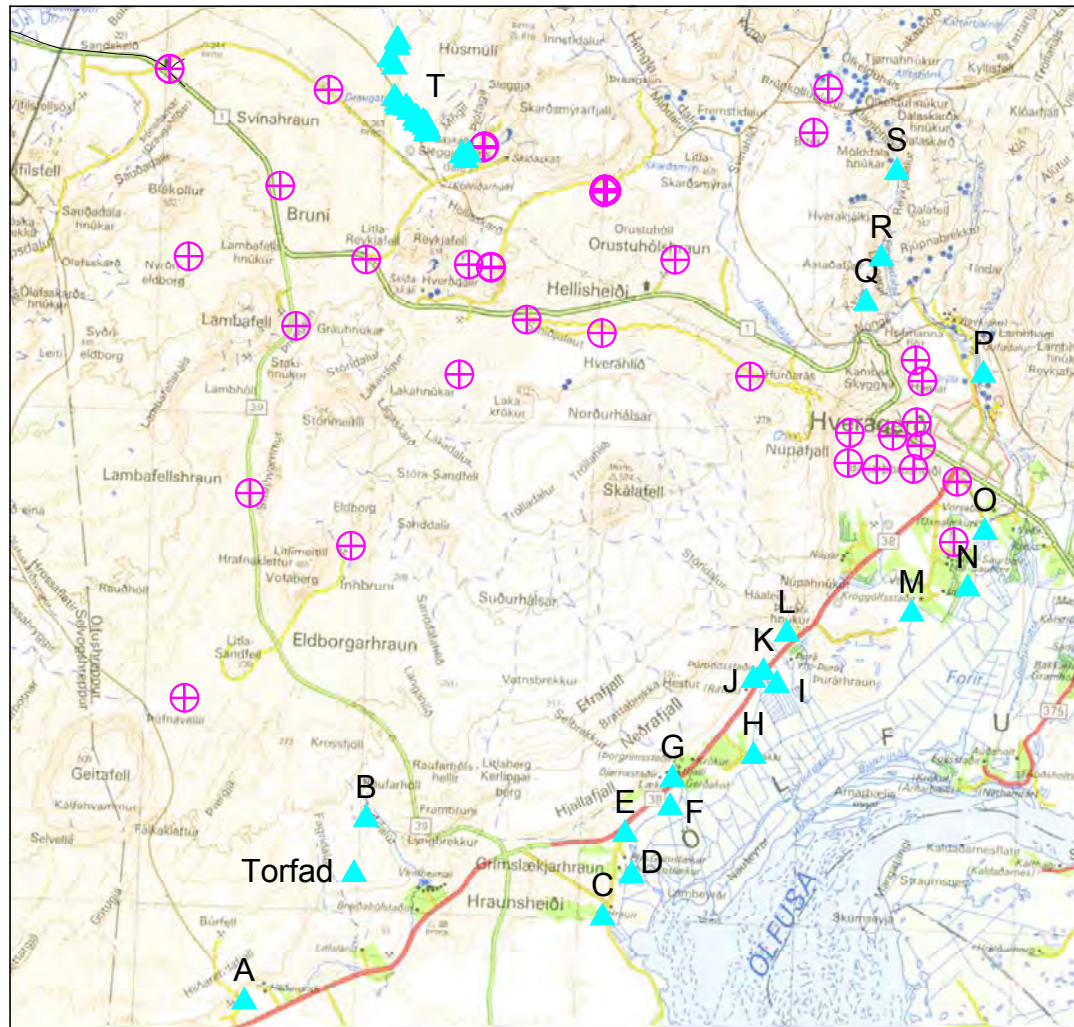


VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA REYKJAVÍKUR

Staðsetning linda

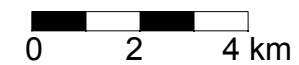


⊕ Borholur

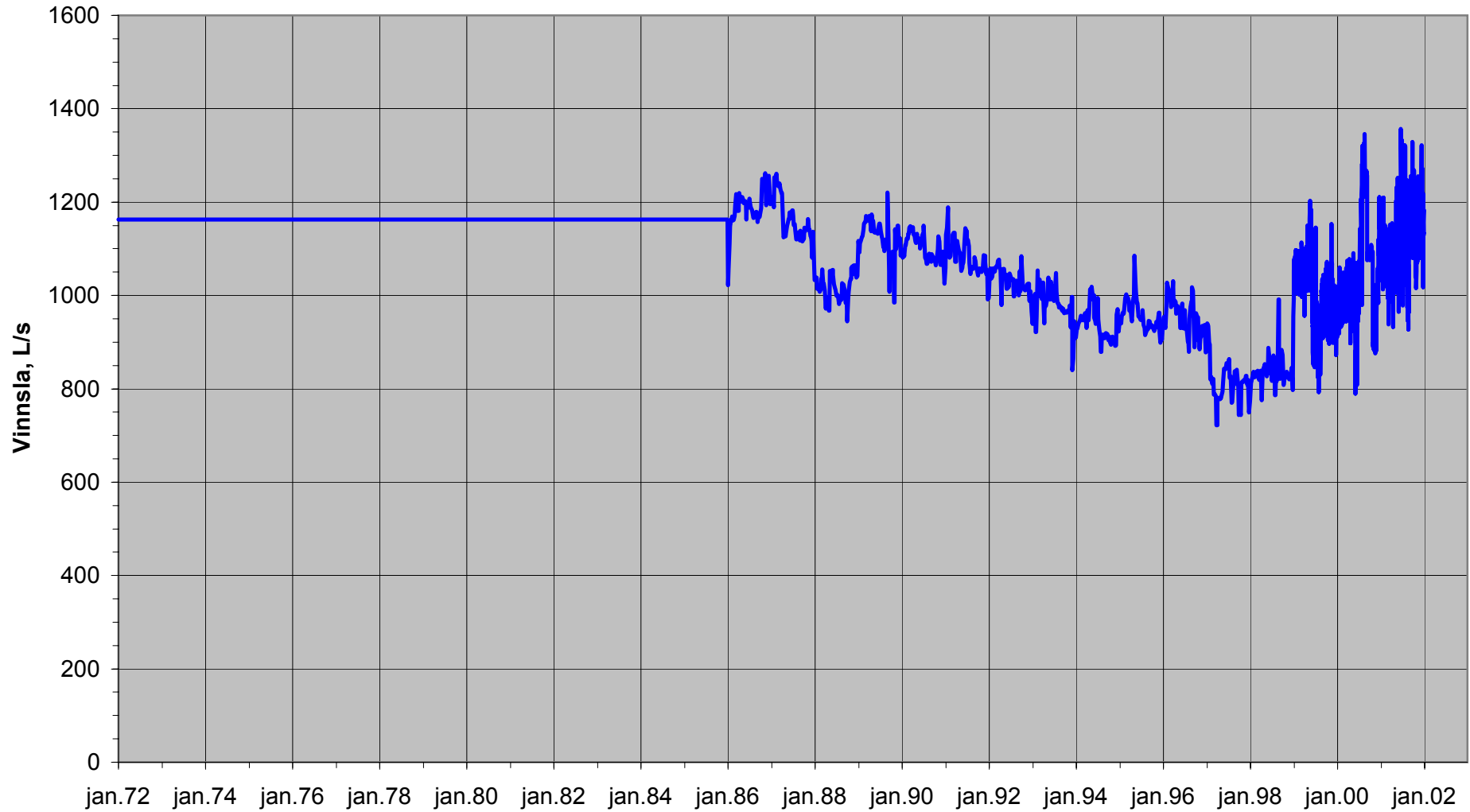
▲ Lindir



Mkv. 1:140.000



Heildarvinnsla á höfuðborgarsvæði



## Vinnsla úr holu V-20



## Vinnsla úr holu V-21





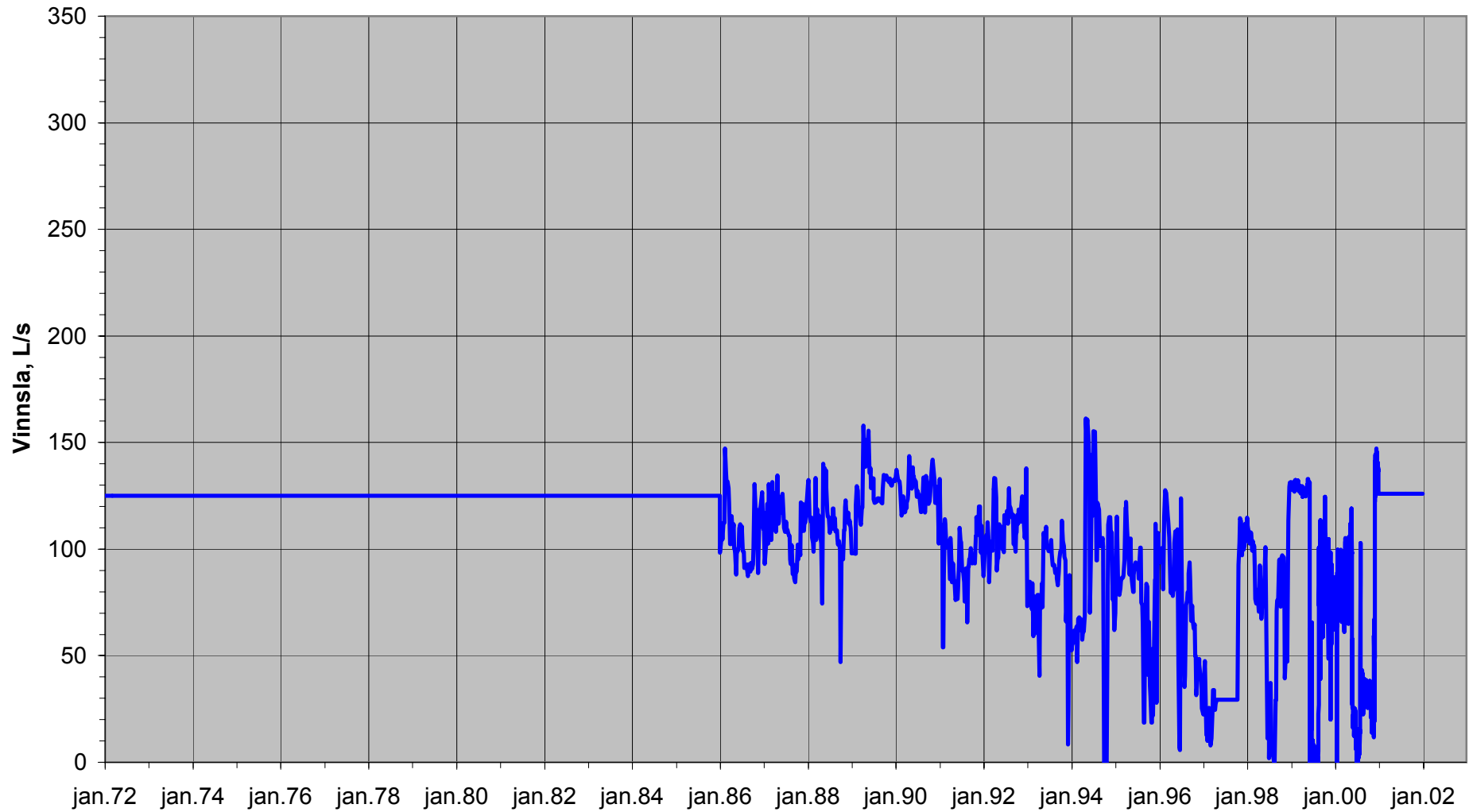
Vinnsla úr holu V-22



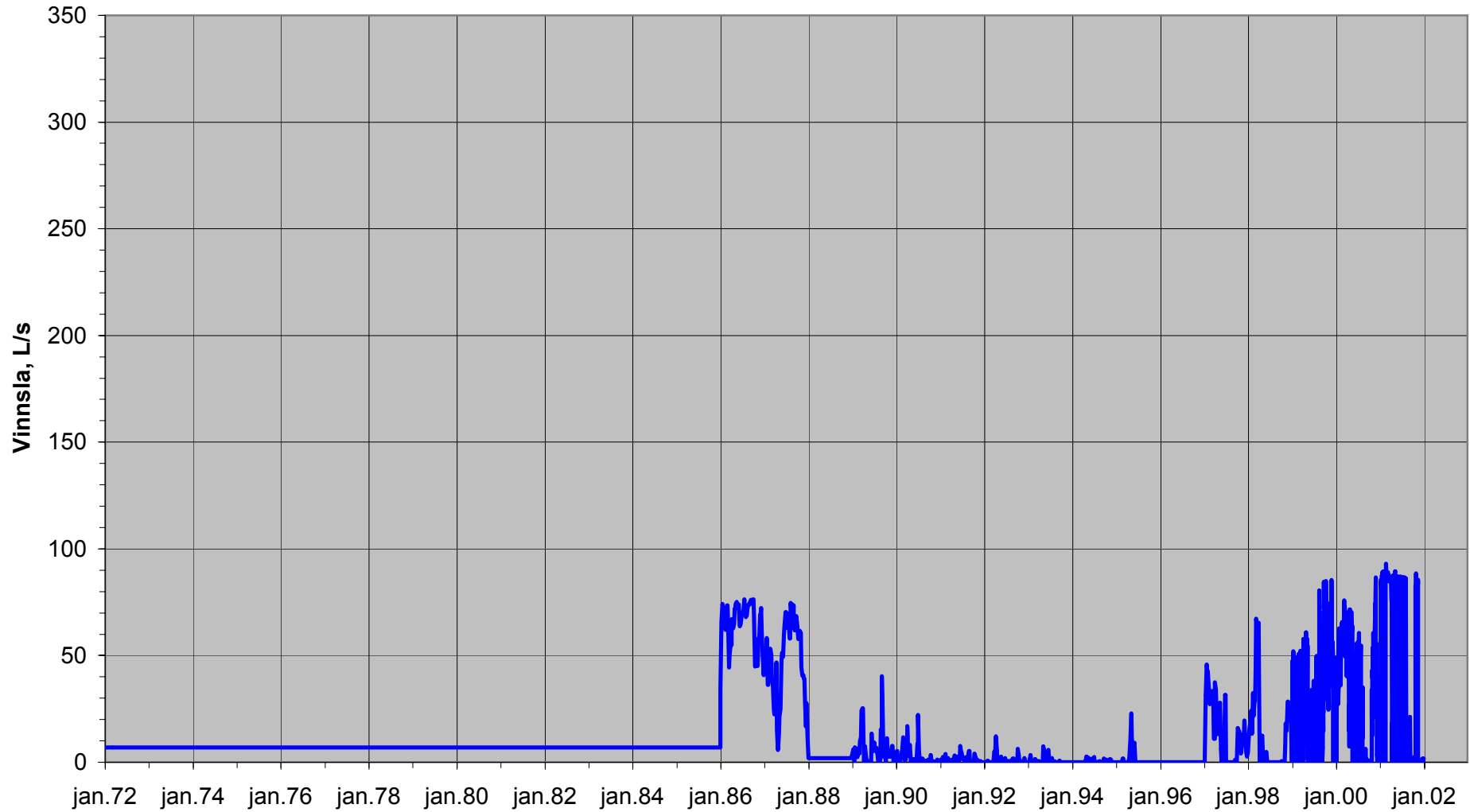
Vinnsla úr holu V-23



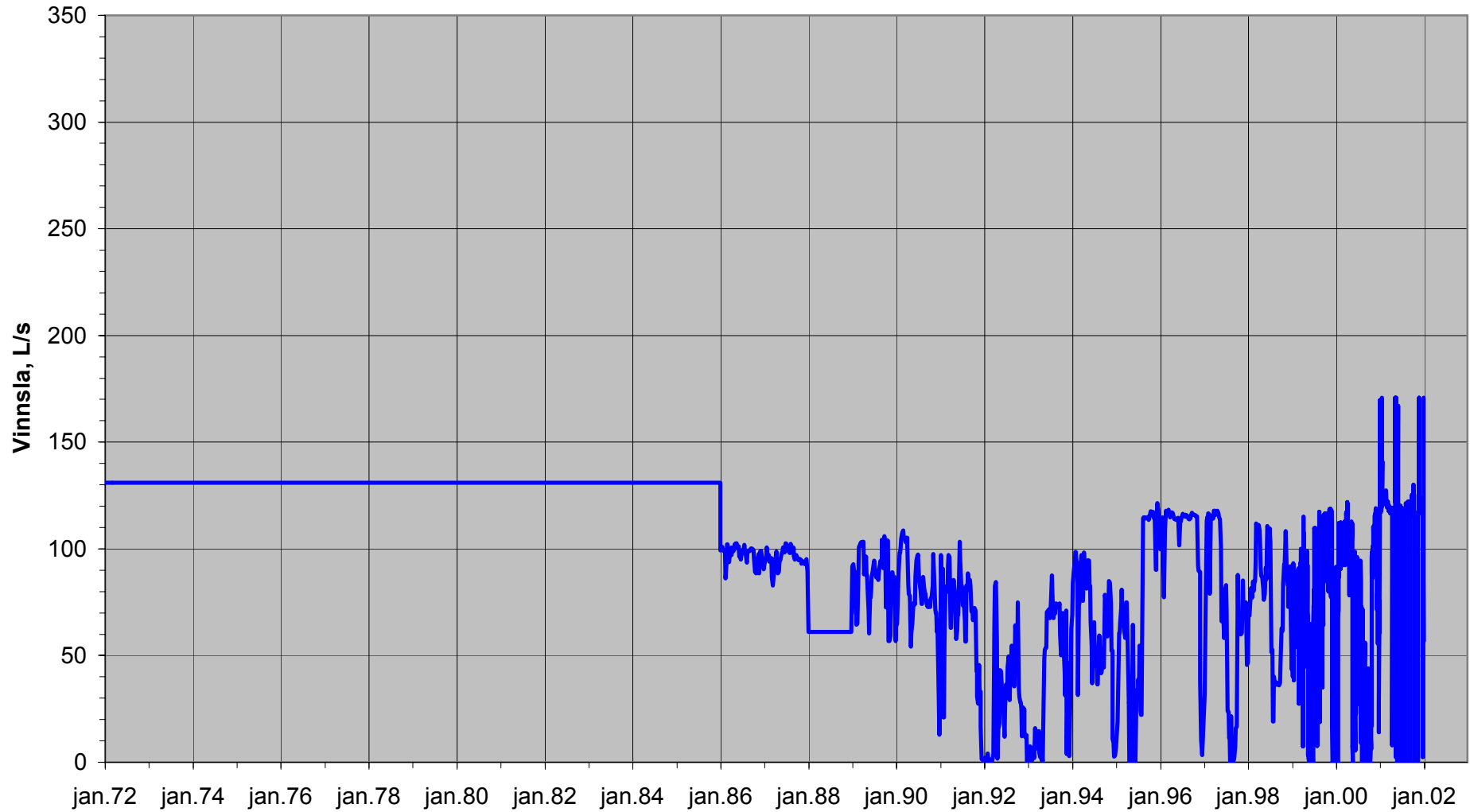
Vinnsla úr holu V-1



Vinnsla úr holu V-12

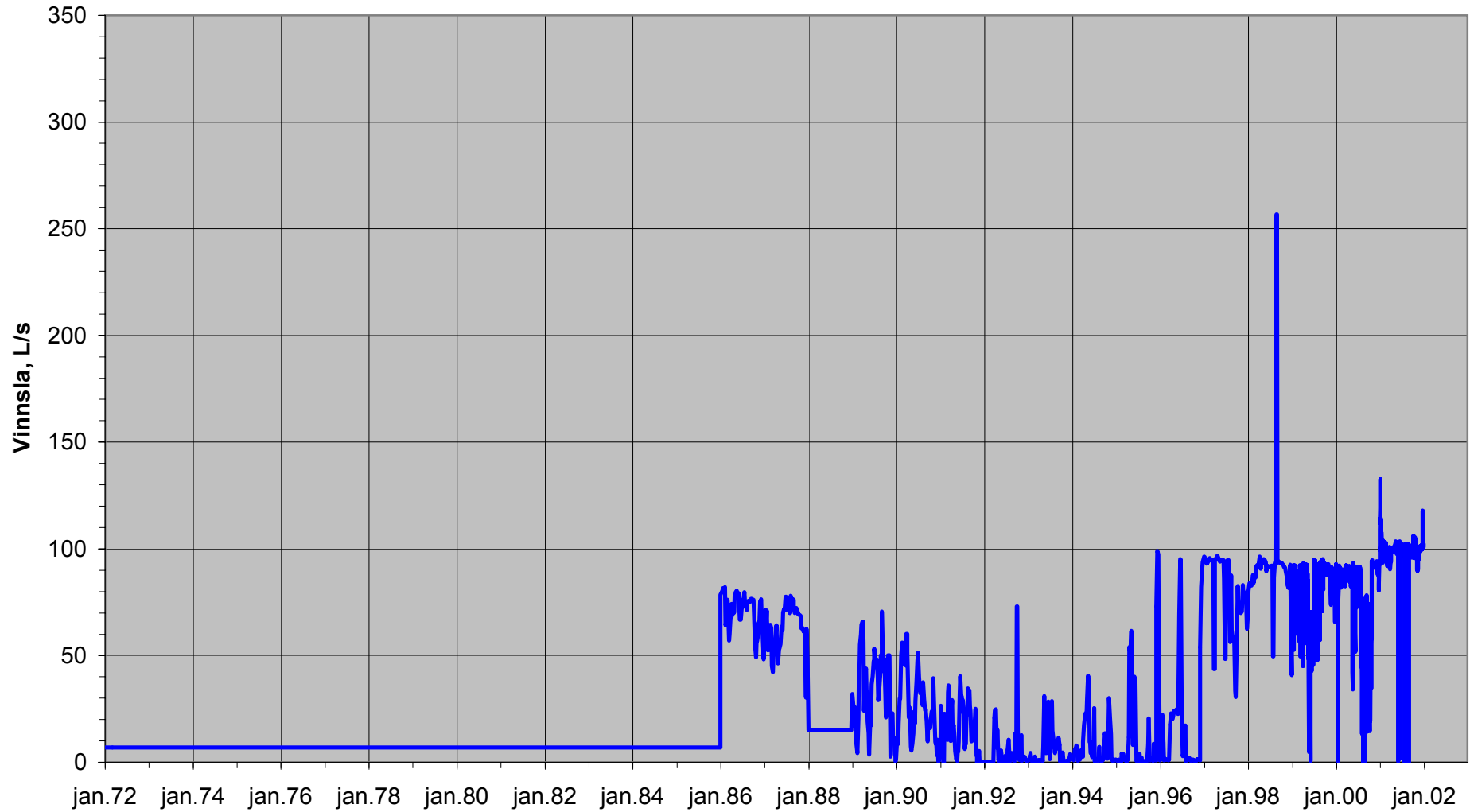


Vinnsla úr holu V-13

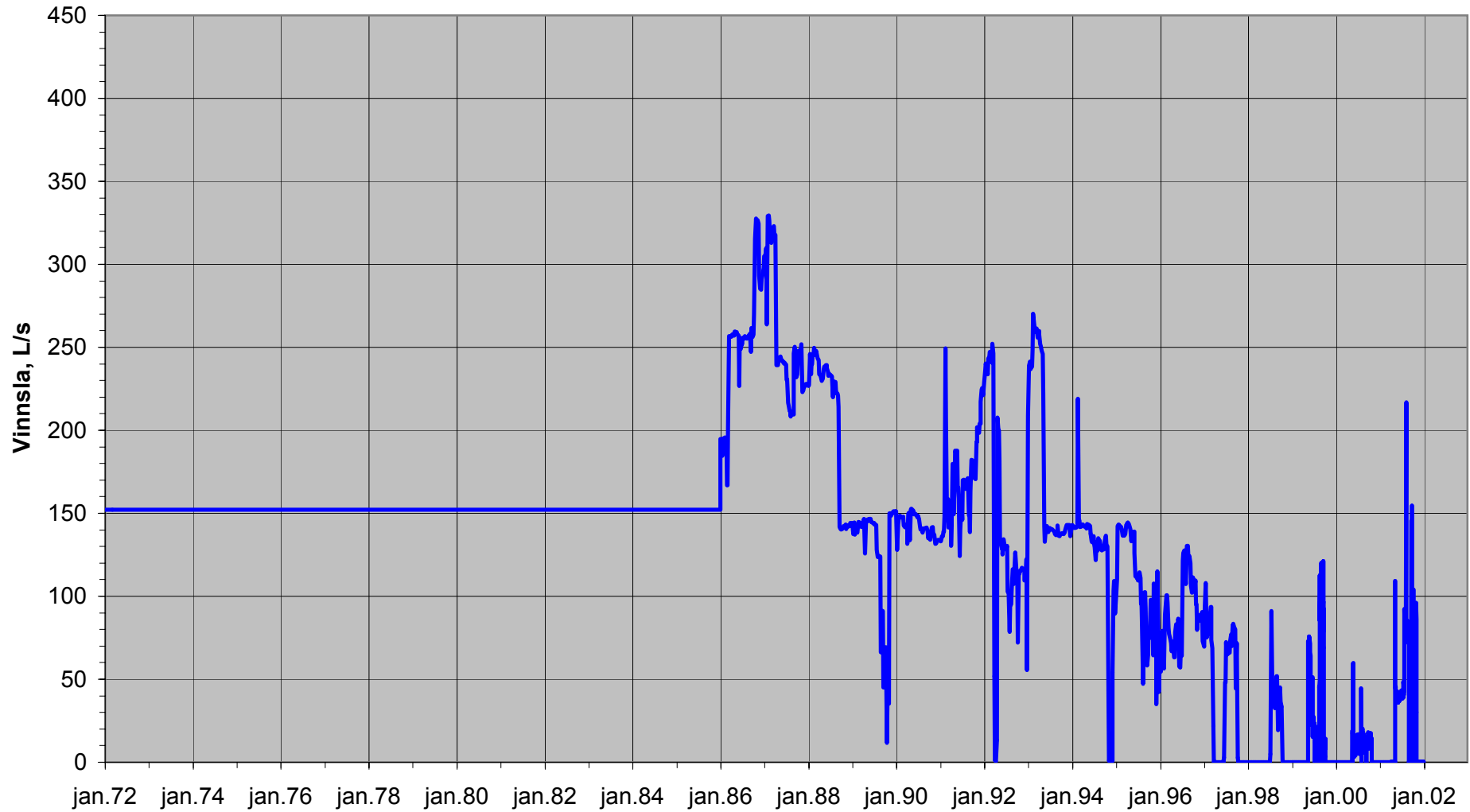




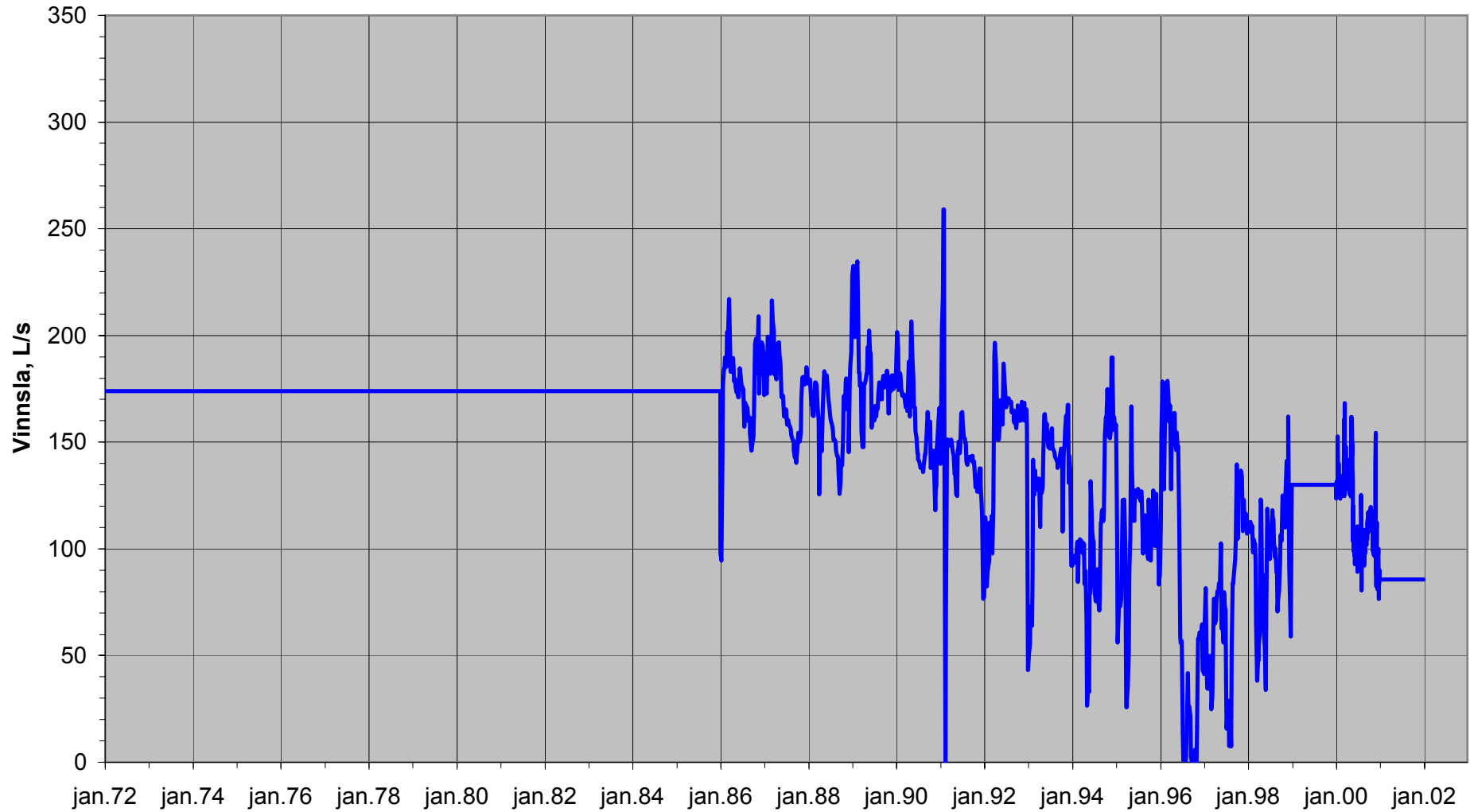
Vinnsla úr holu V-14



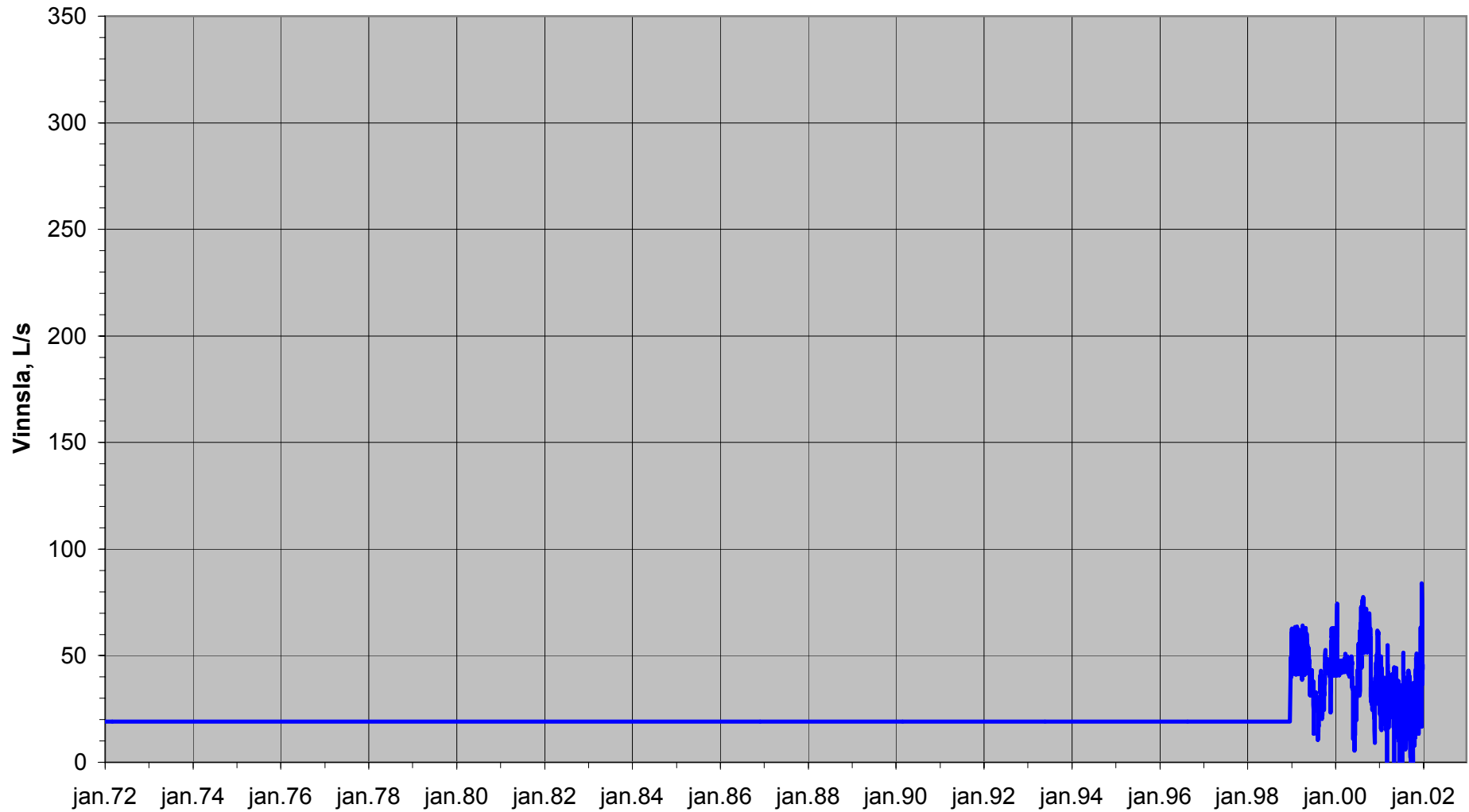
Vinnsla úr holu V-19



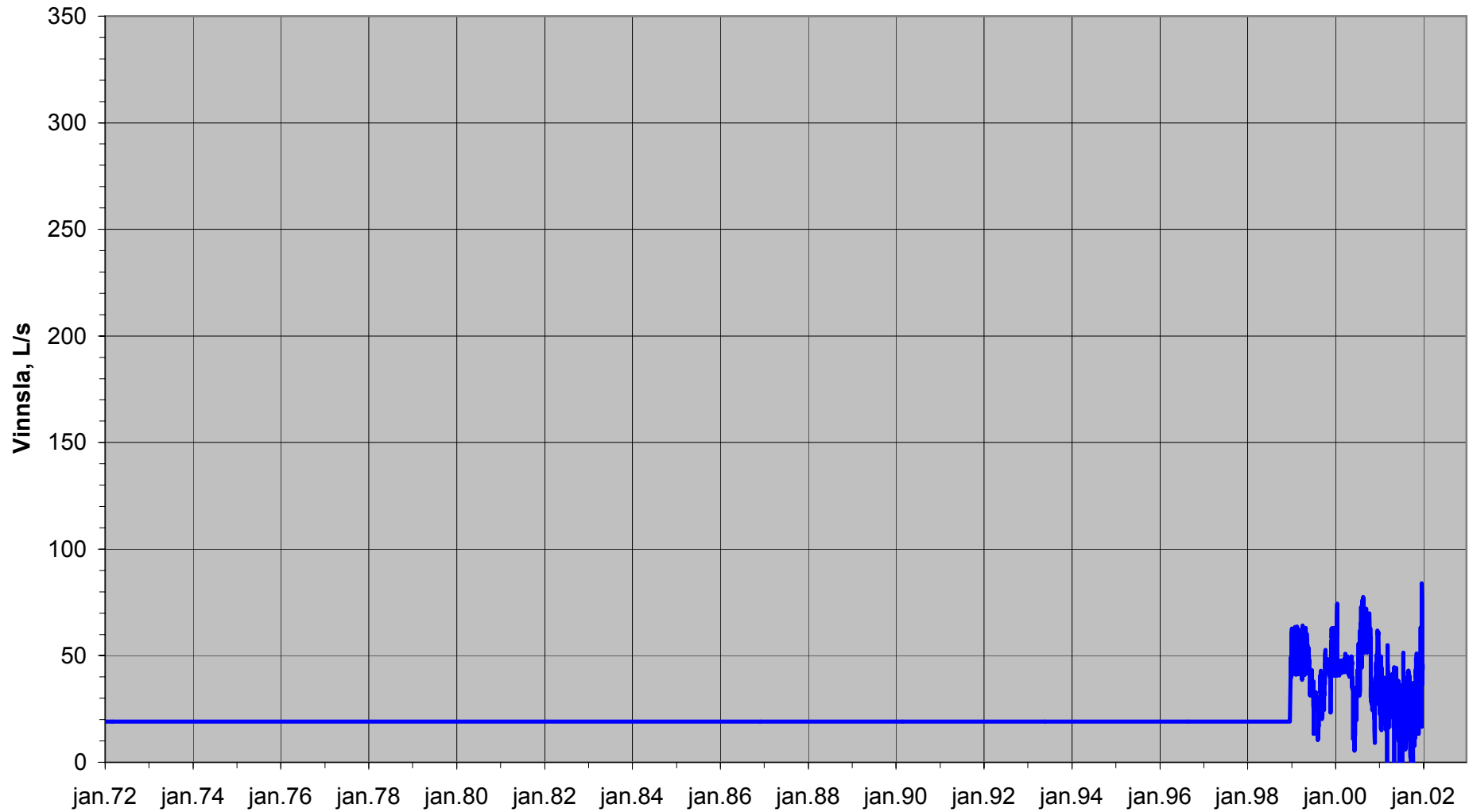
Vinnsla úr holu V-5



Vinnsla úr holu V-10

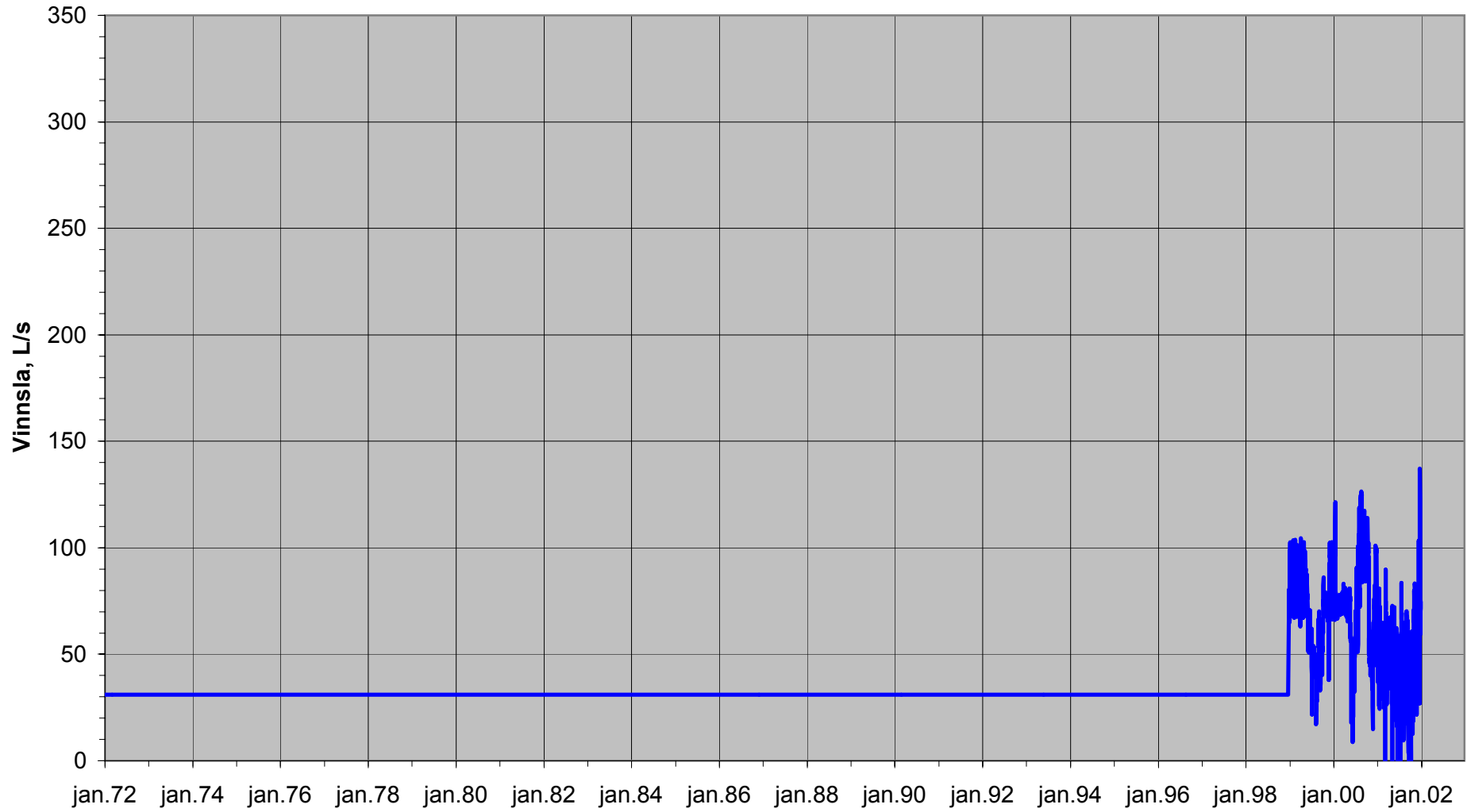


Vinnsla úr holu V-11

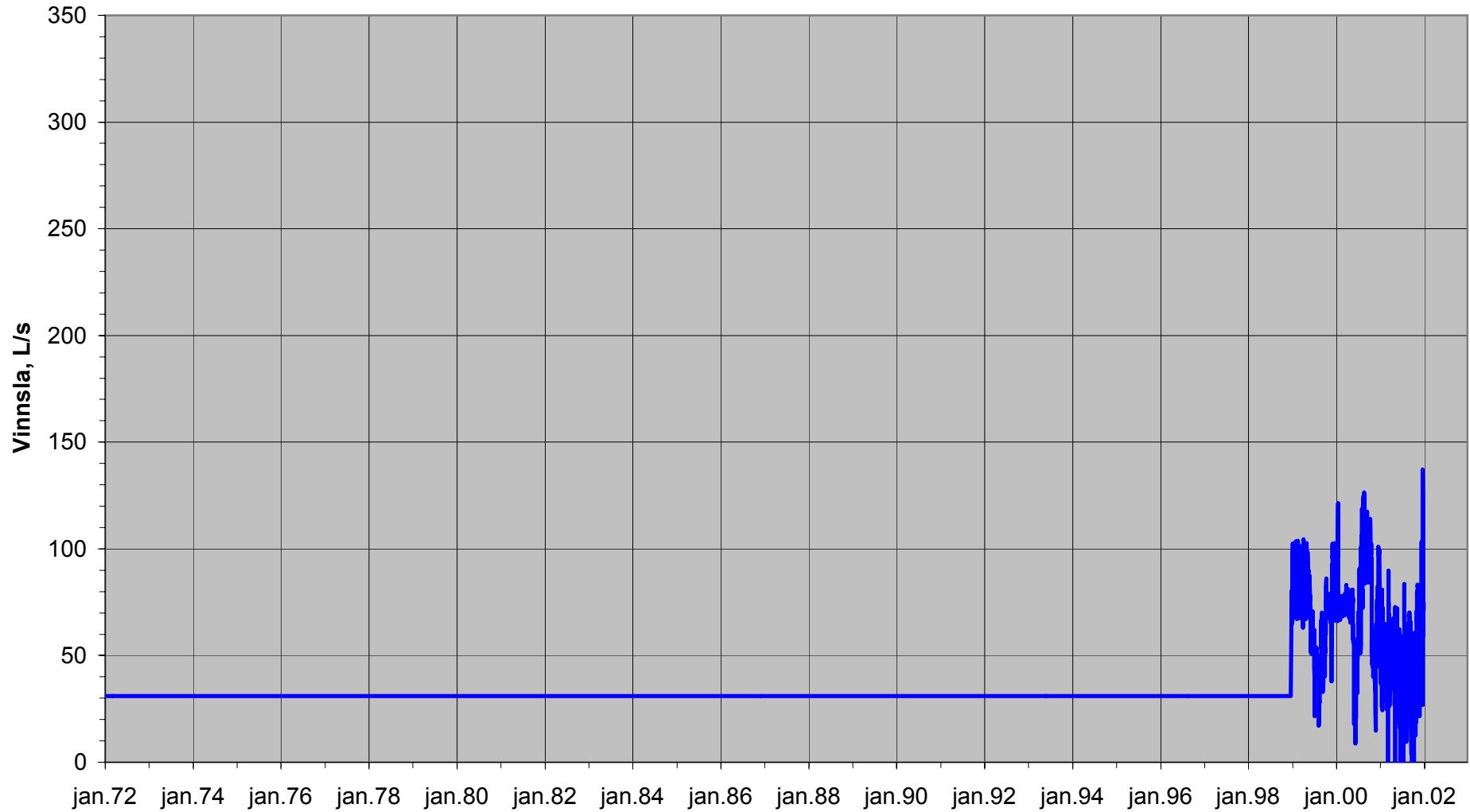




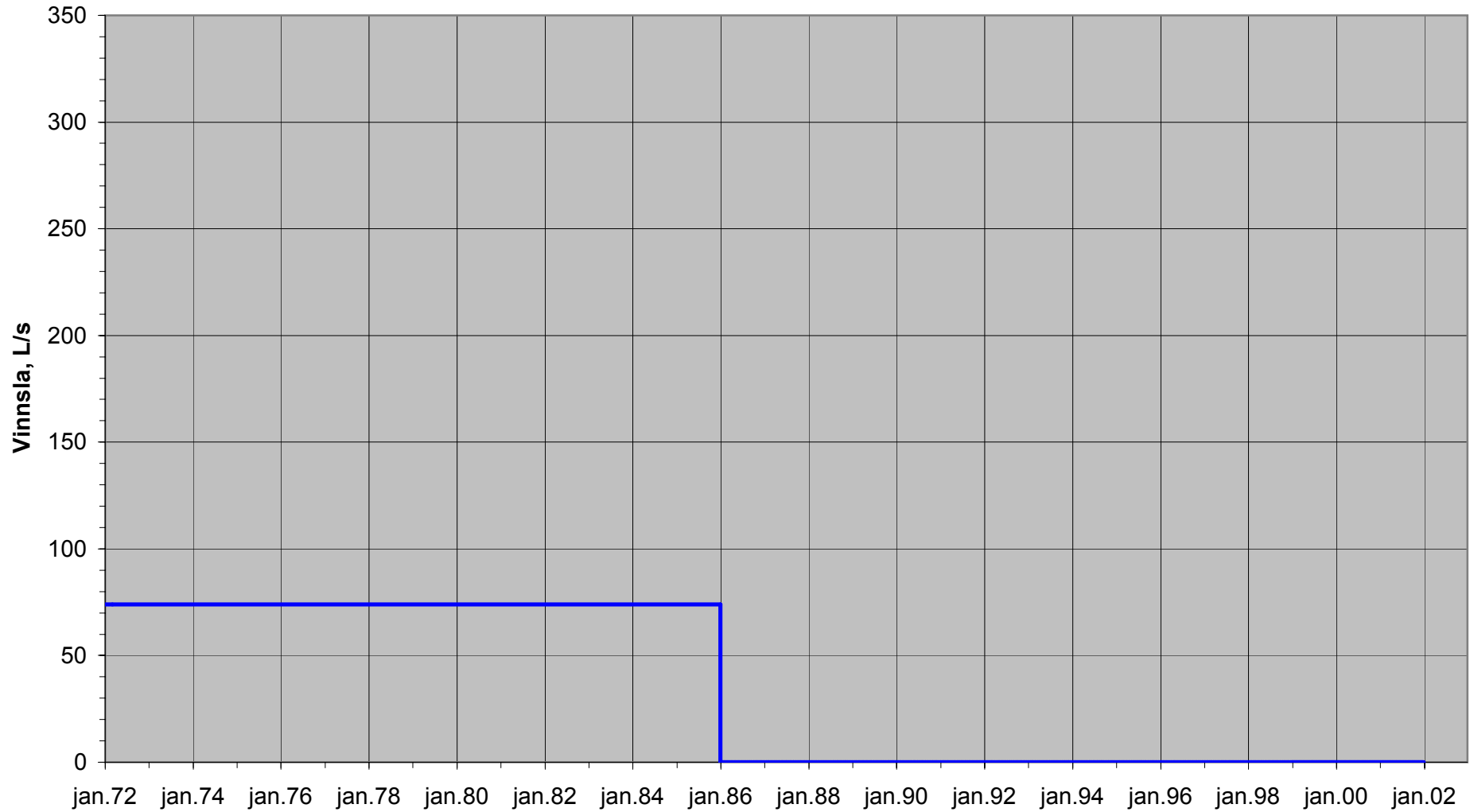
Vinnsla úr holu V-3



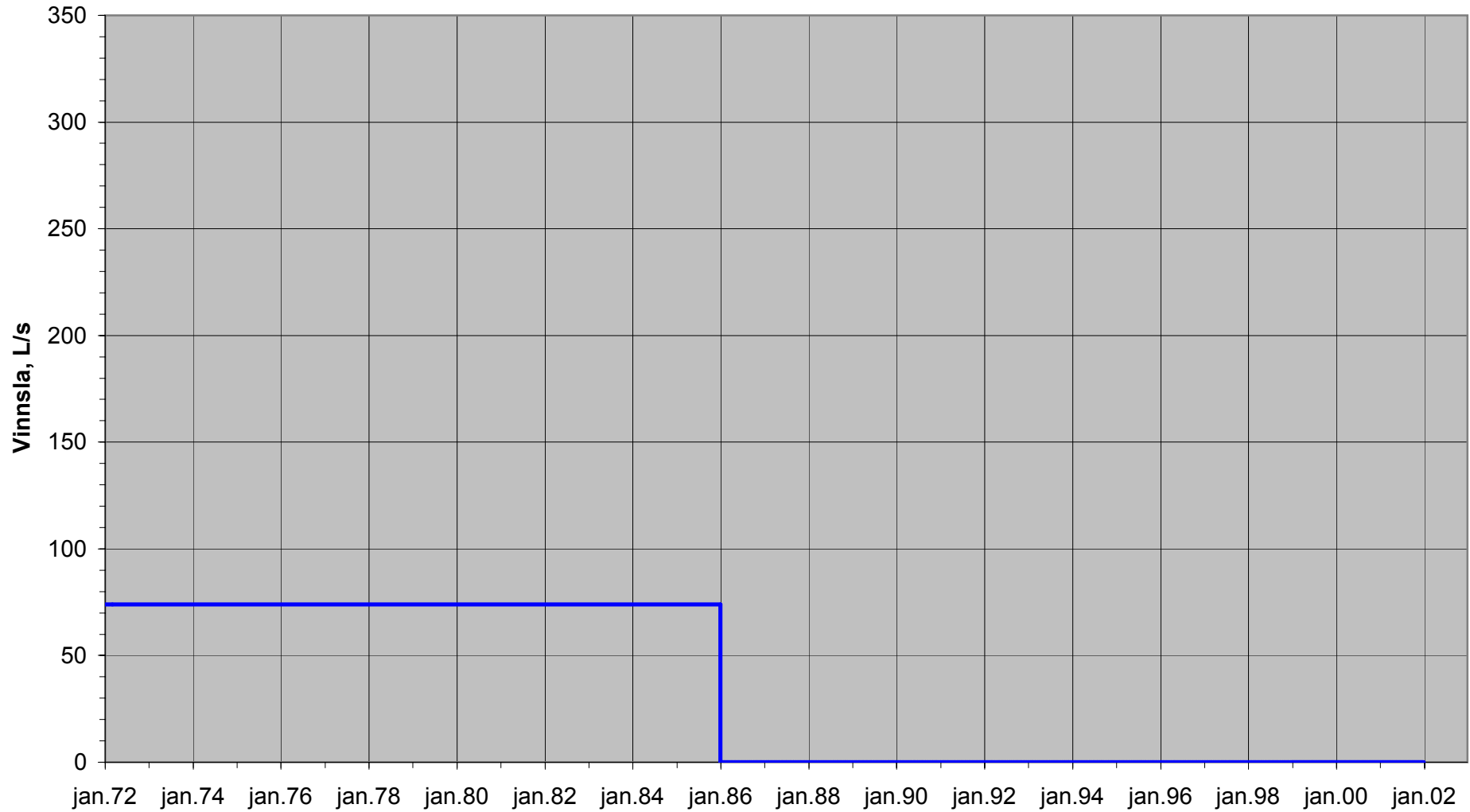
Vinnsla úr holu V-4



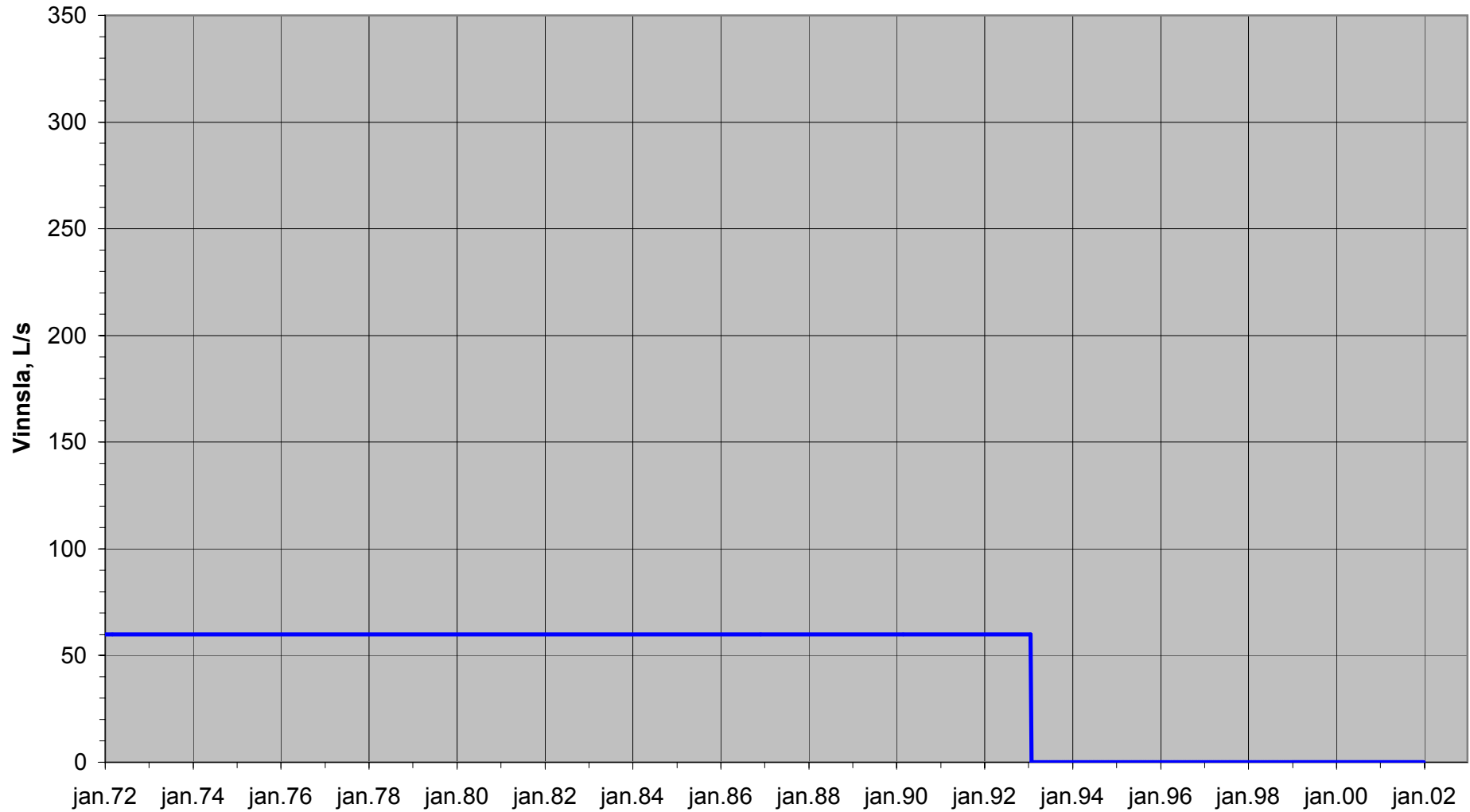
Vinnsla úr Gvendarbrunnum (GBG)



Vinnsla úr Gvendarbrunnum (GBN)

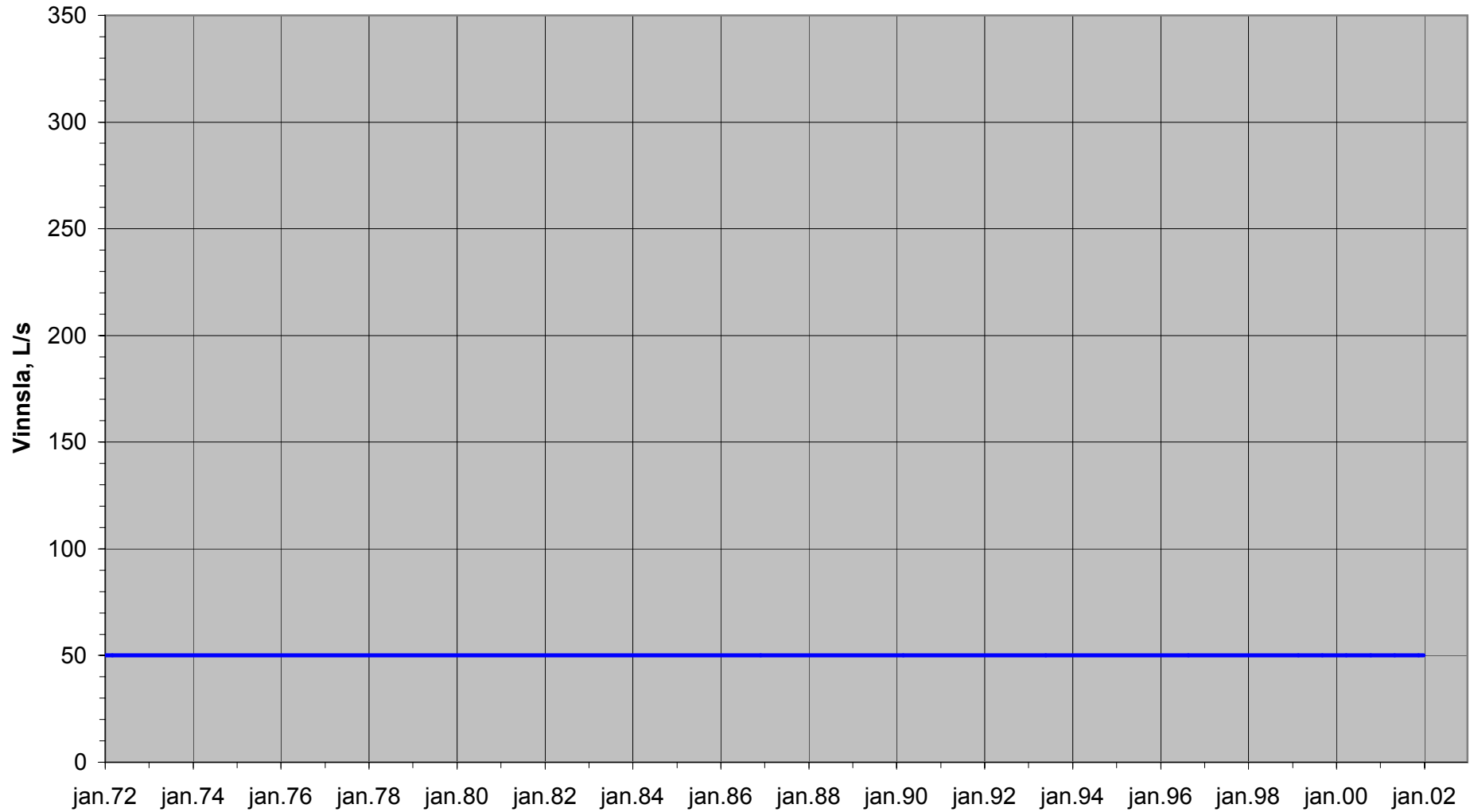


Vinnsla úr Bullaugum

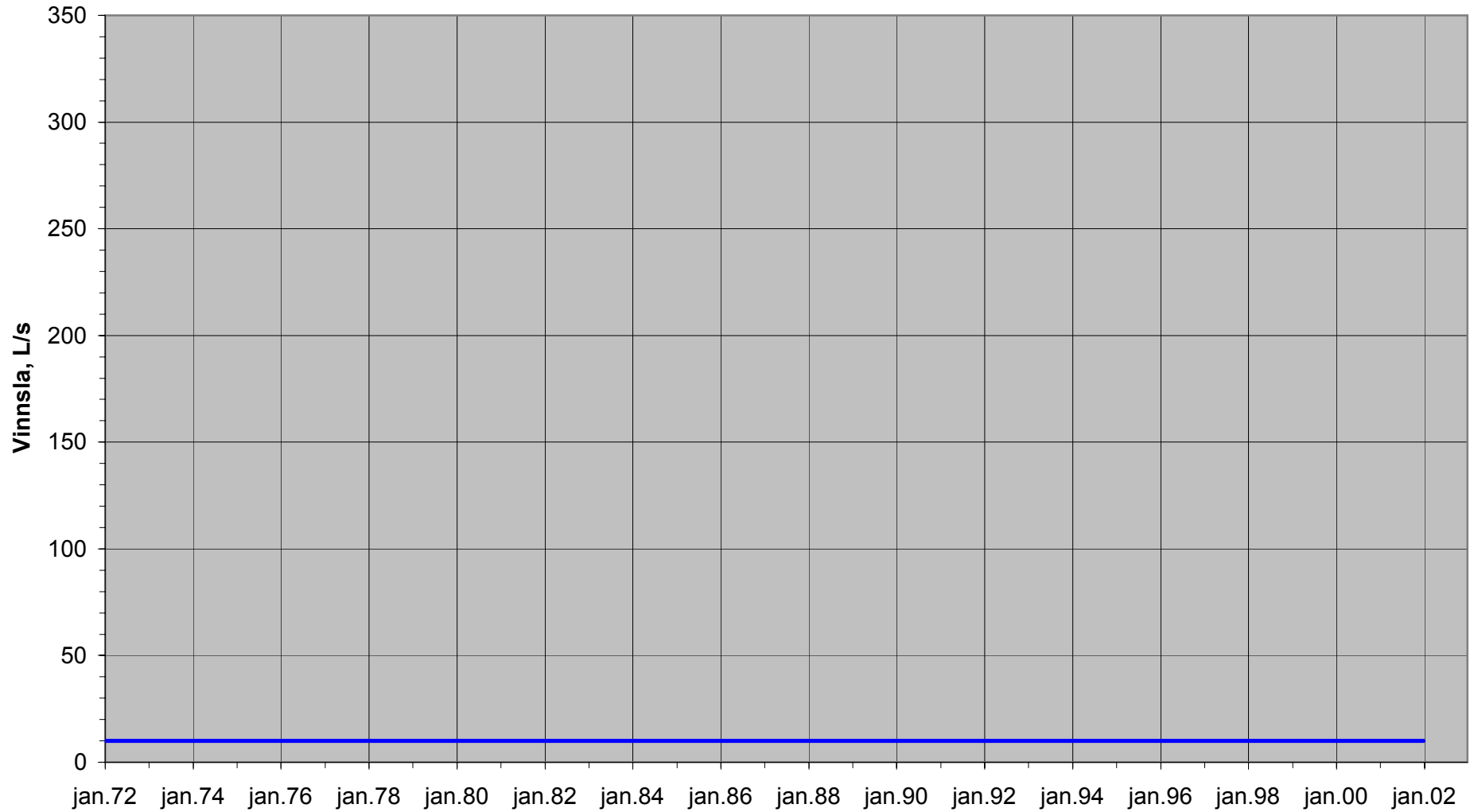




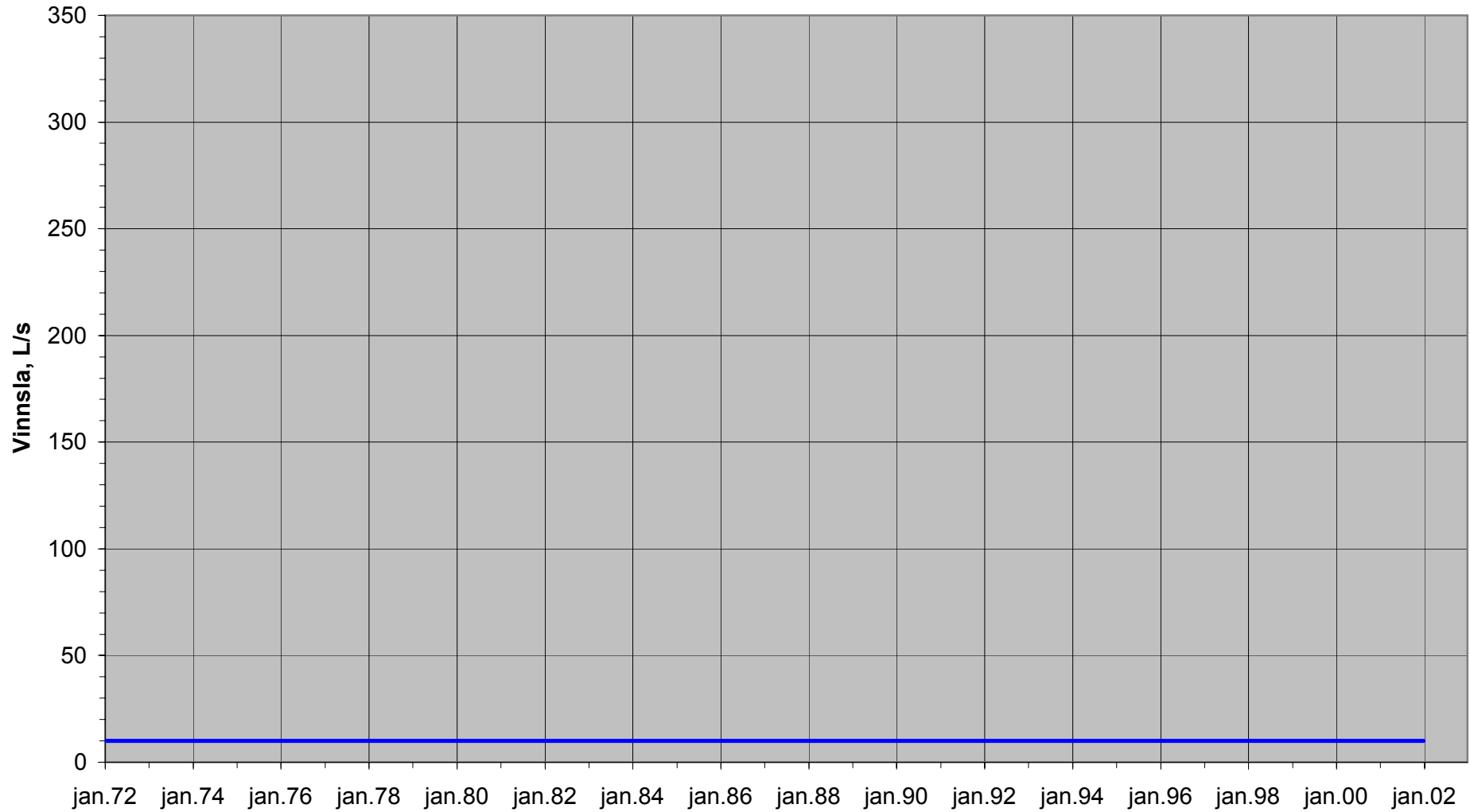
Vinnsla úr holu í Dýjakrókum



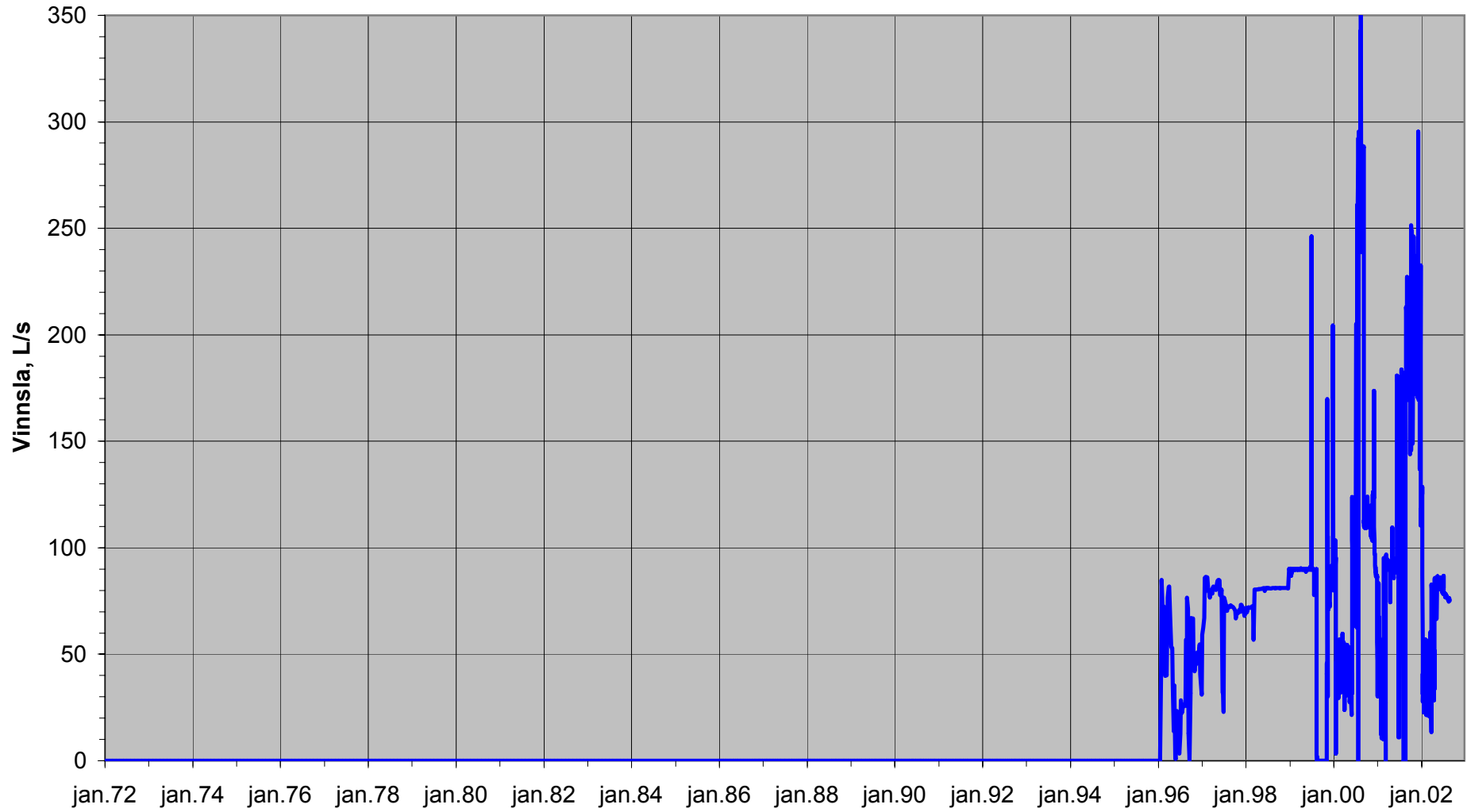
Vinnsla úr holu við Laxnesdý



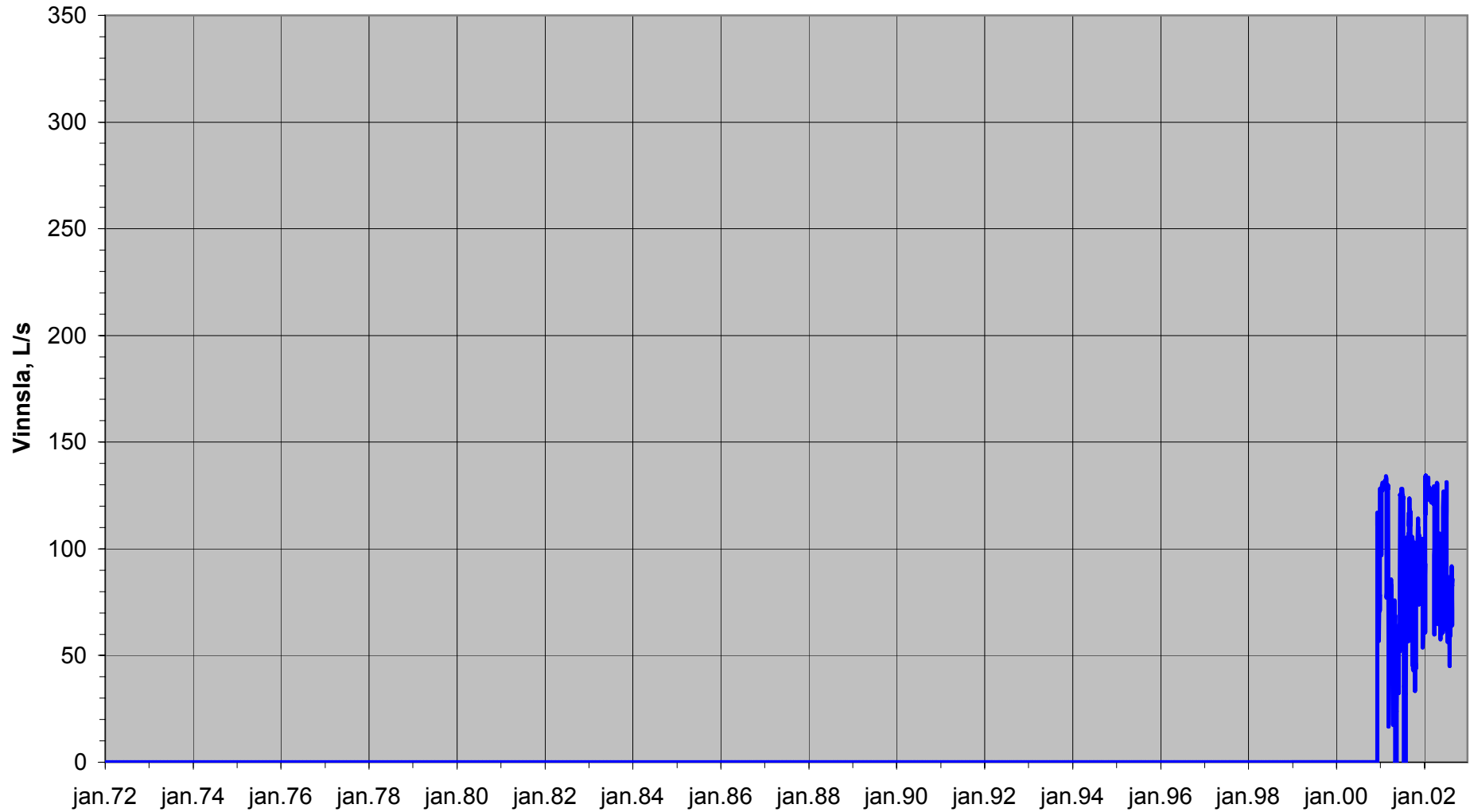
Vinnsla úr Guddulaug



Vinnsla úr holu VK-1



Vinnsla úr holu VK-5



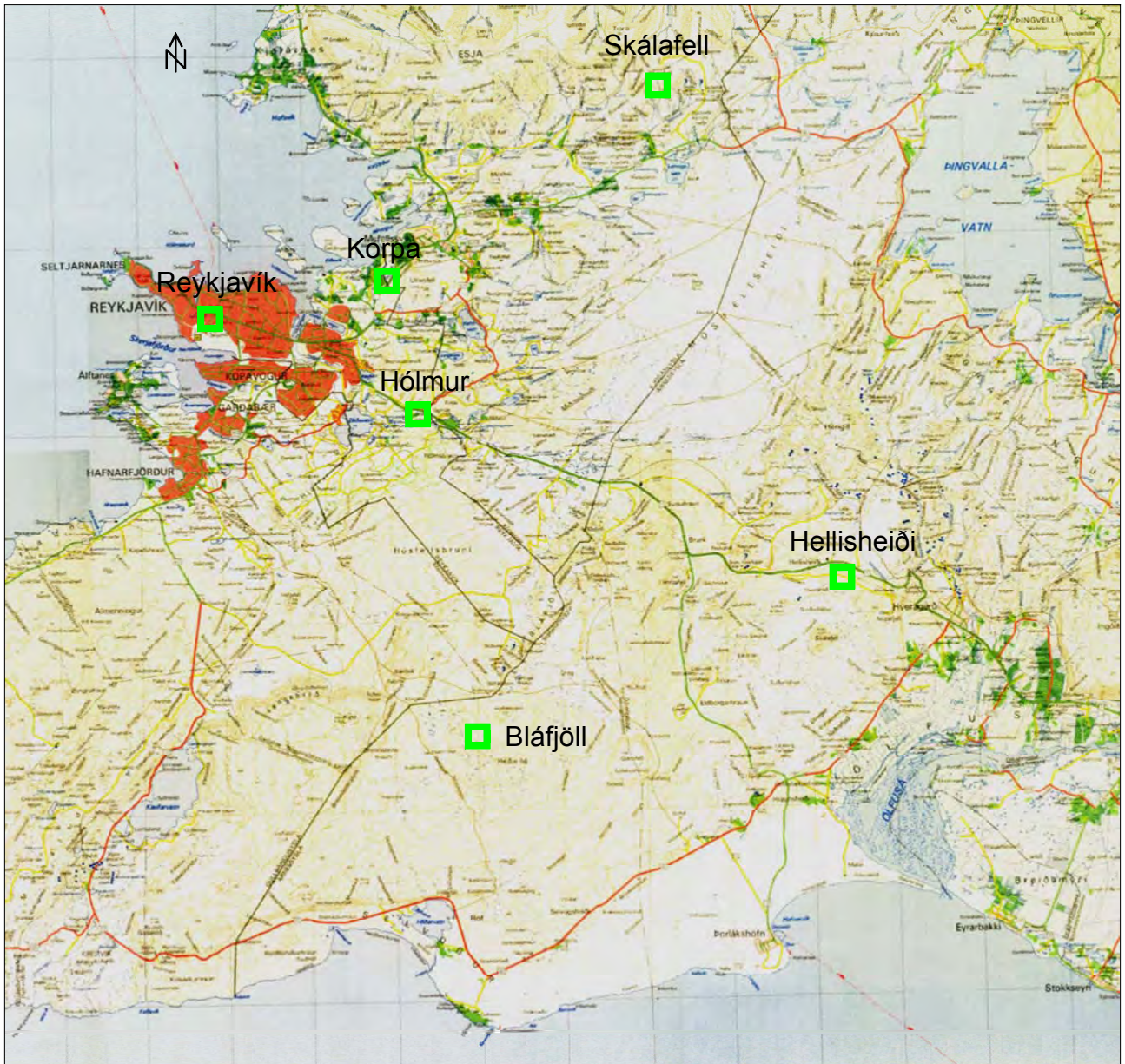


VATNASKIL

HENGILL

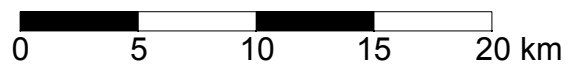
ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

### Staðsetning veðurmælingastöðva

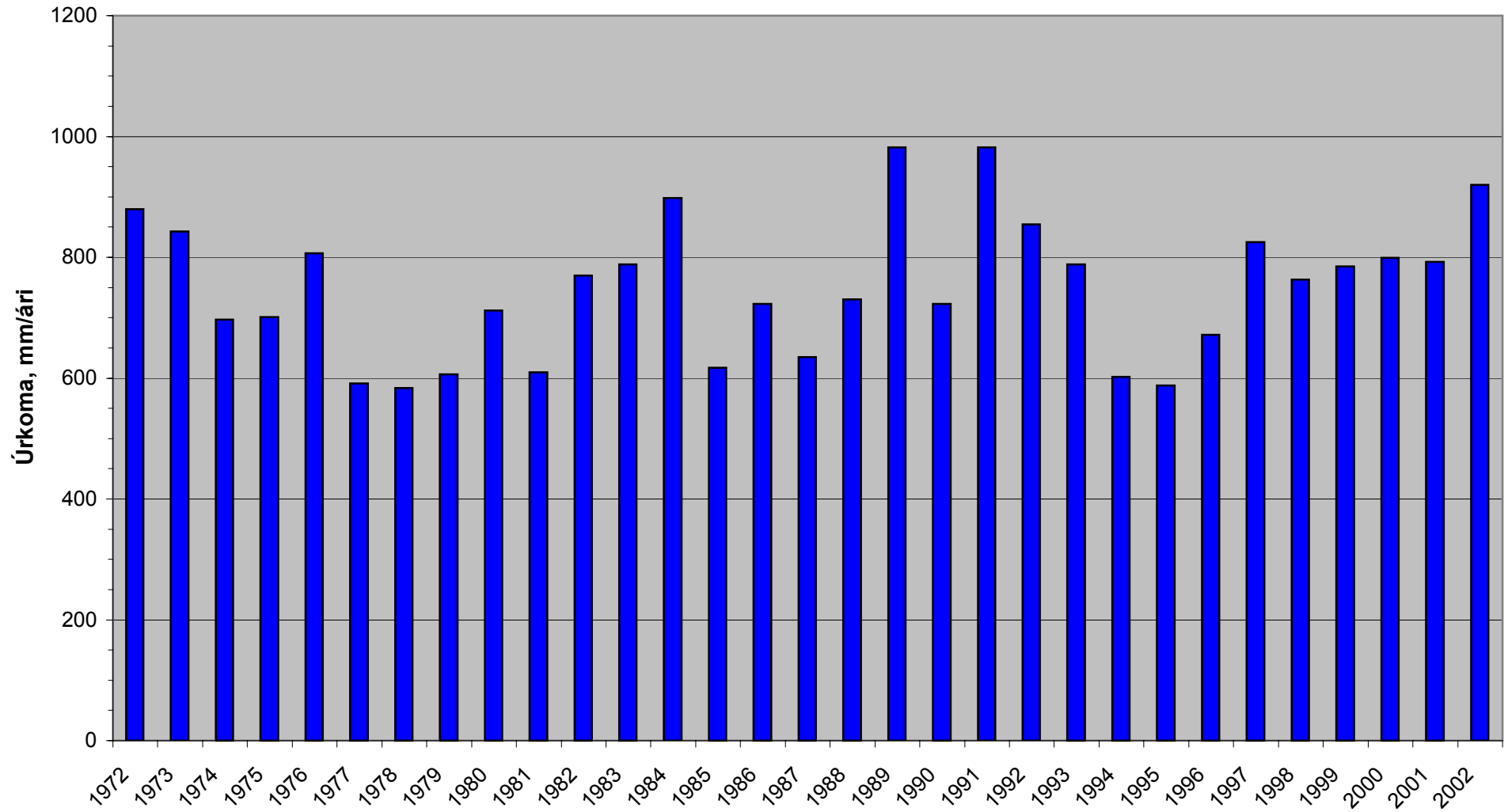


 Veðurmælingastöð

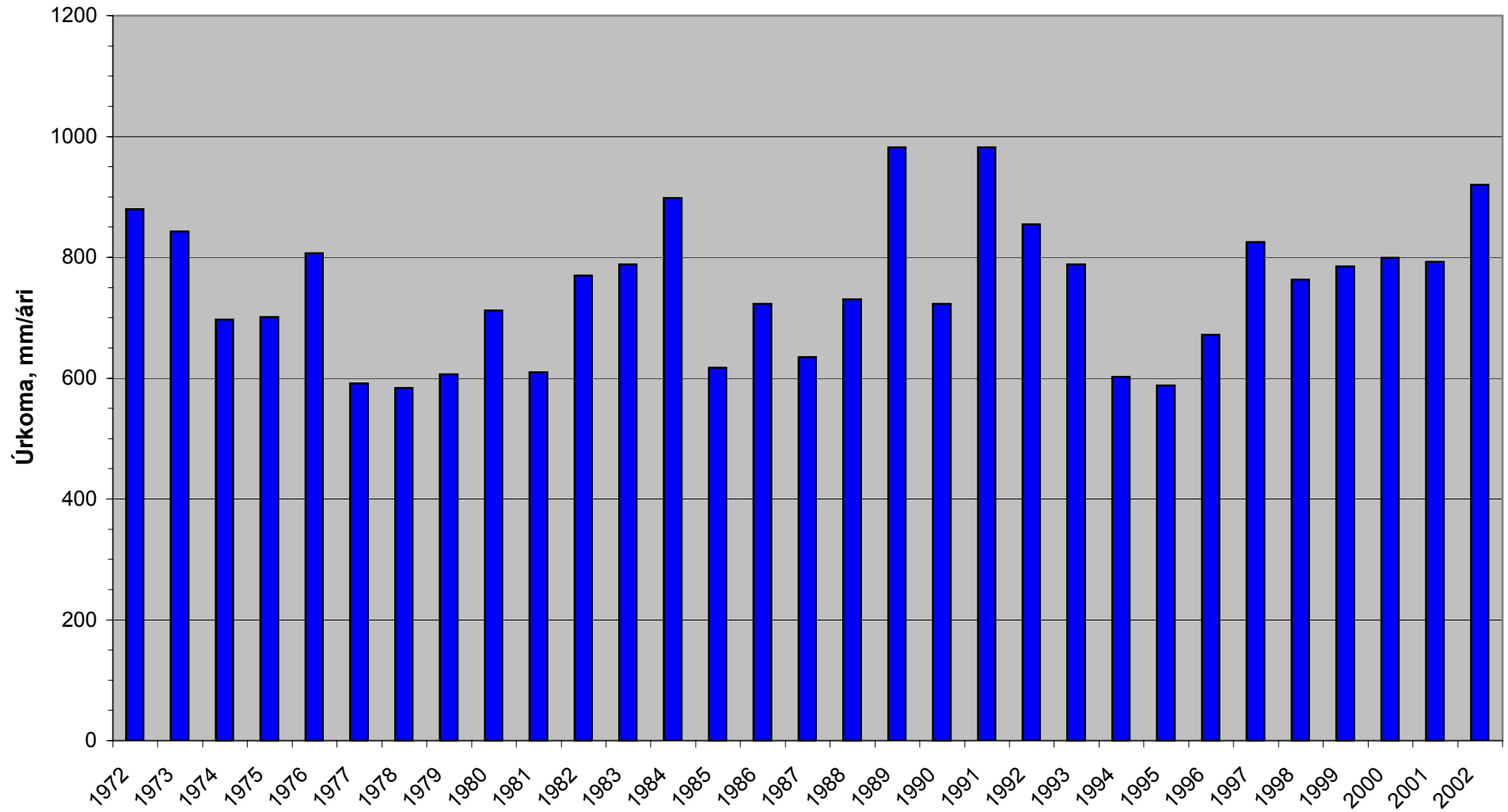
Mkv. 1:330.000



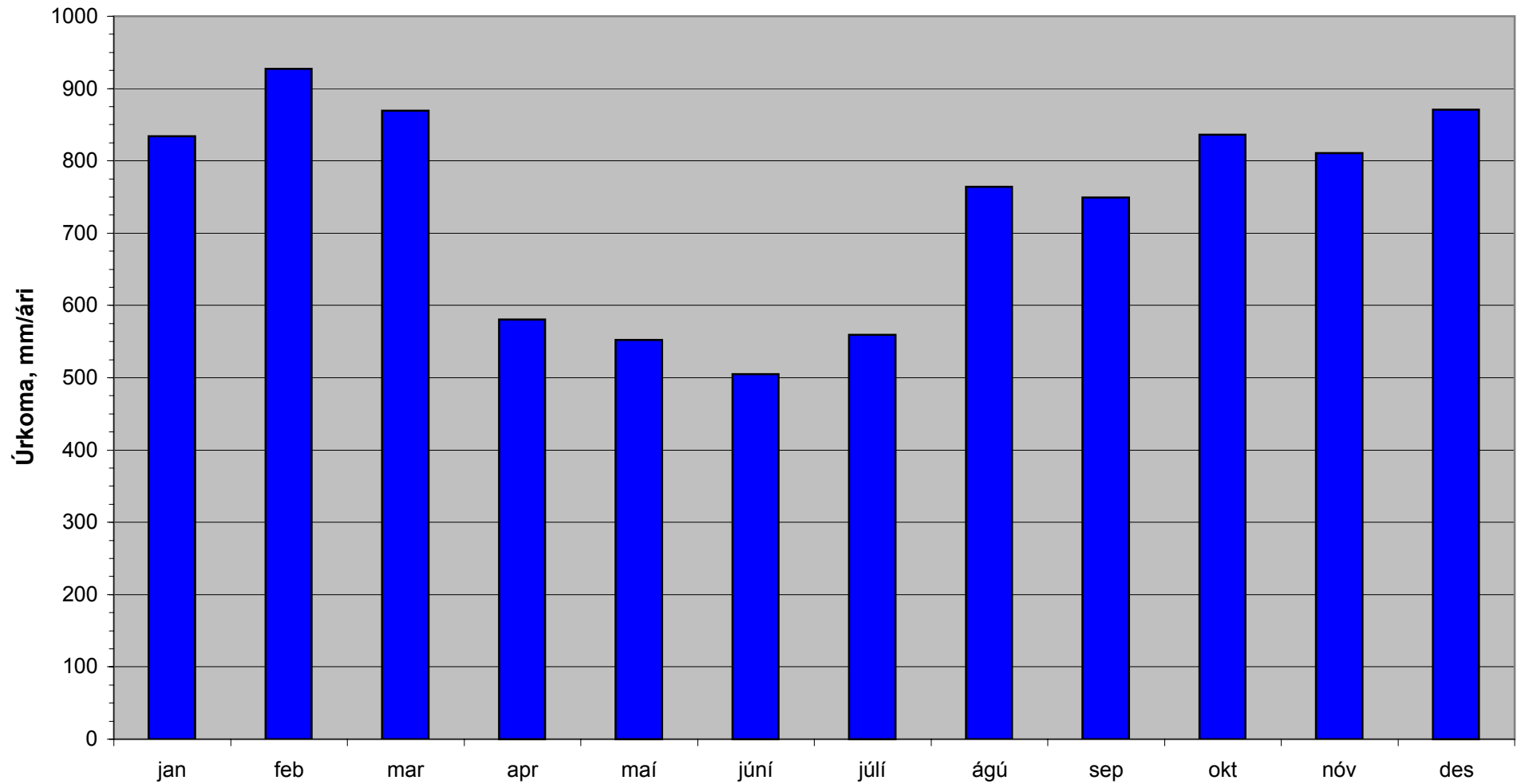
## Mæld ársúrcoma í Reykjavík



## Mæld ársúrcoma í Reykjavík

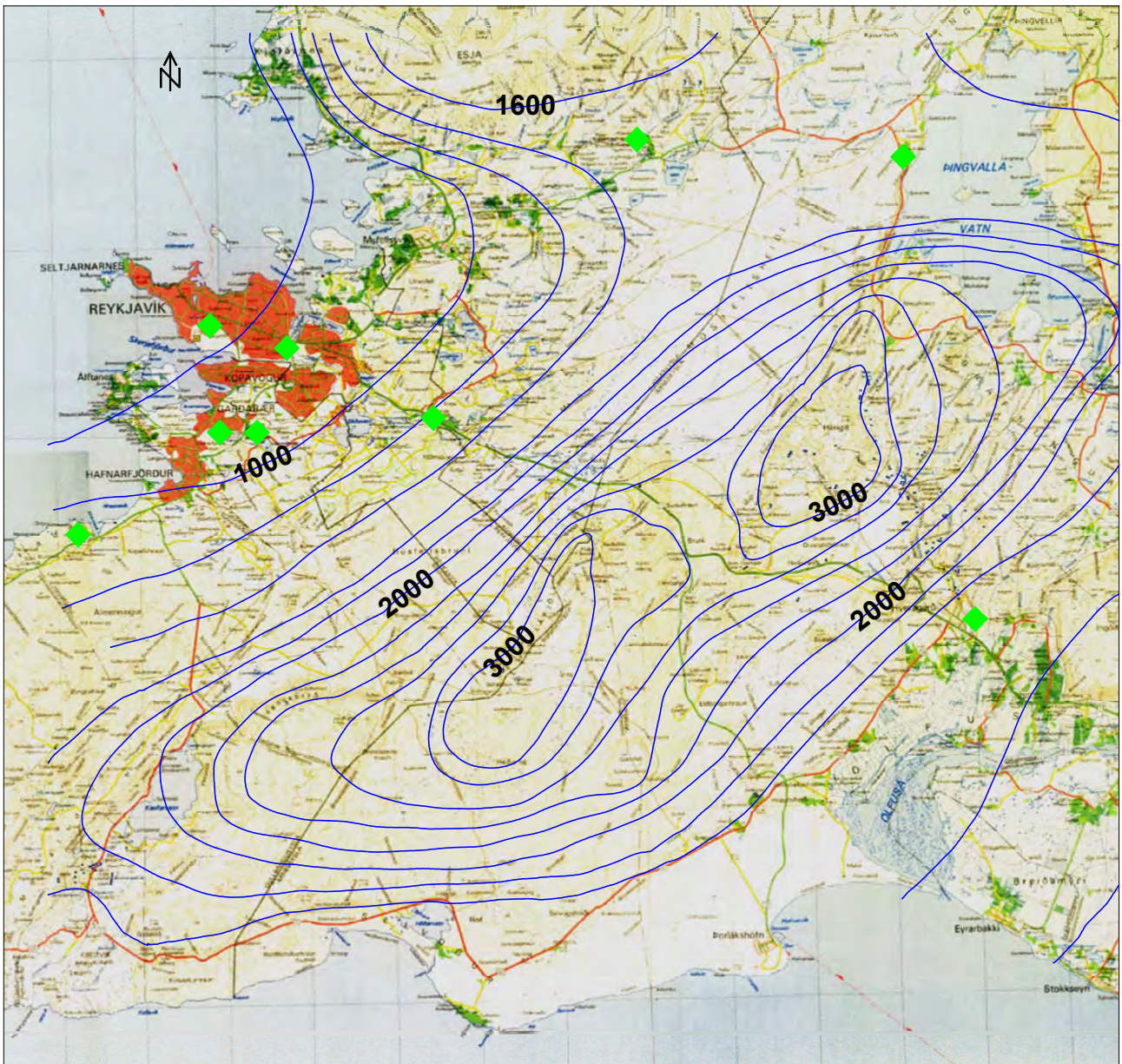


Mæld meðalúrcoma mánaða í Reykjavík  
1 jan. 1972 - 30 júní 2003



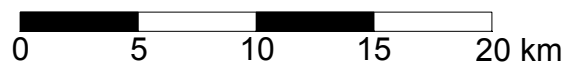


Mæld ársúrcoma á höfuðborgarsvæði



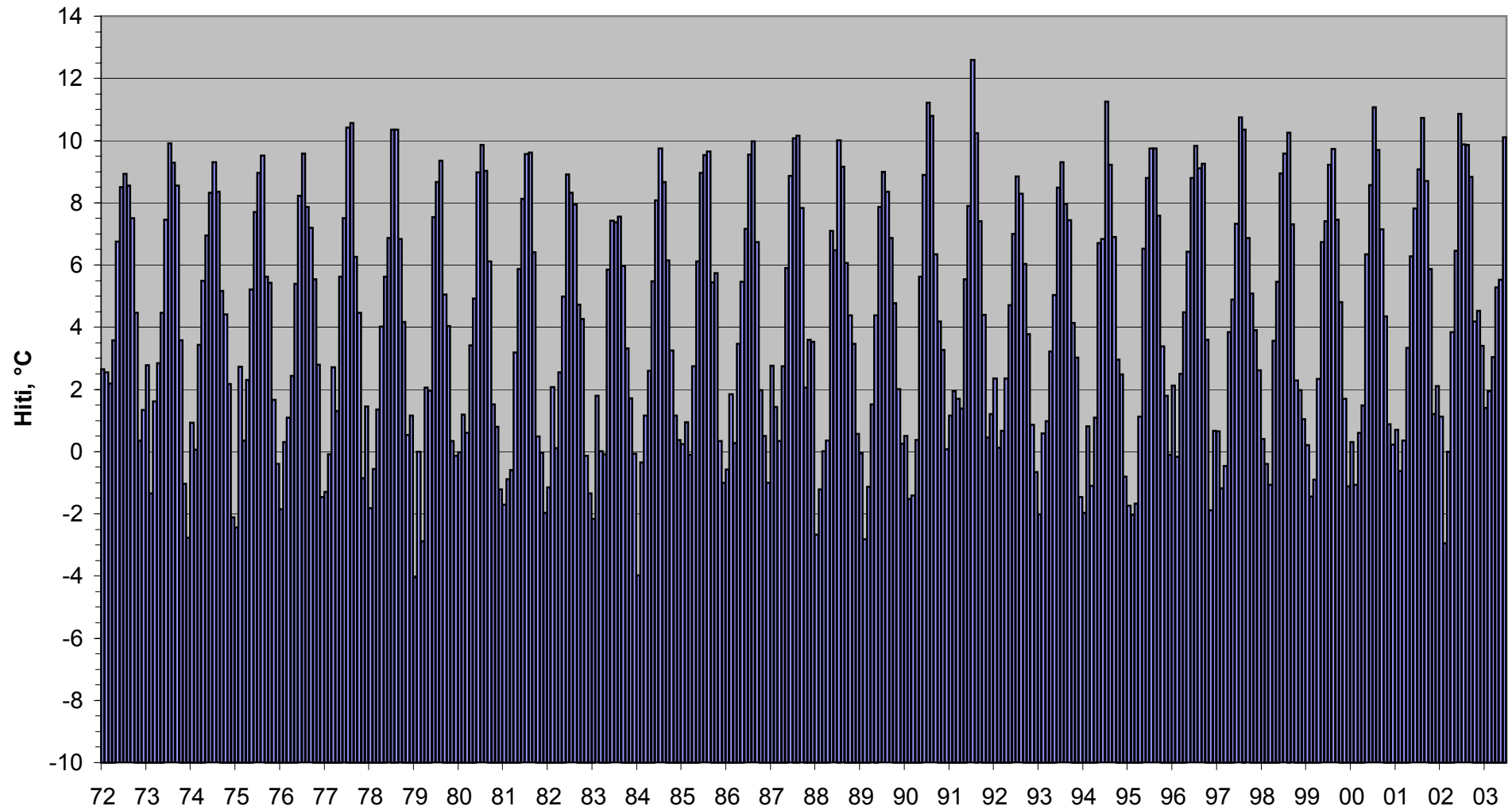
- Mæld ársúrcoma, mm/ári
- ◆ Úrkomumælistöð

Mkv. 1:330.000

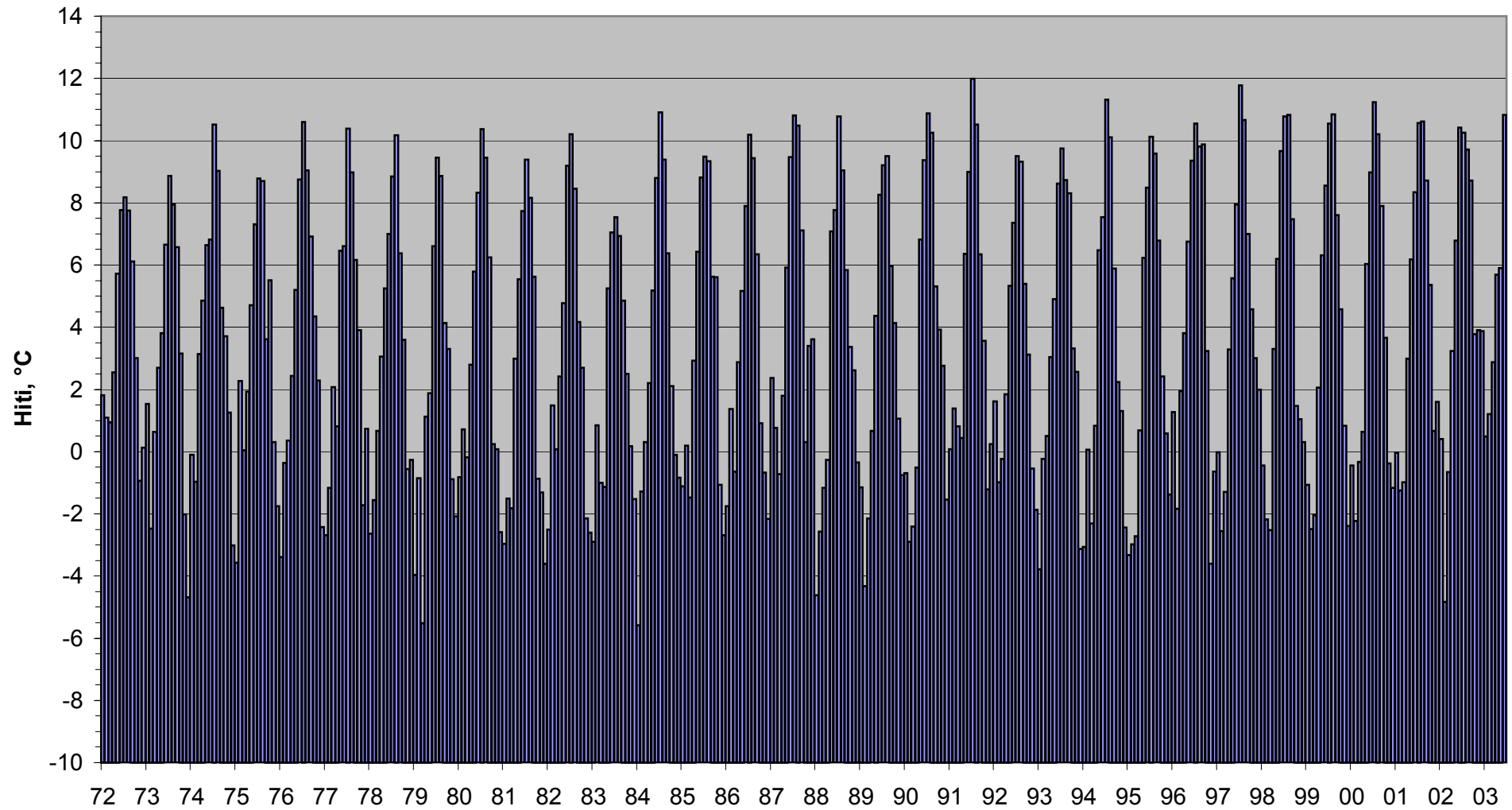




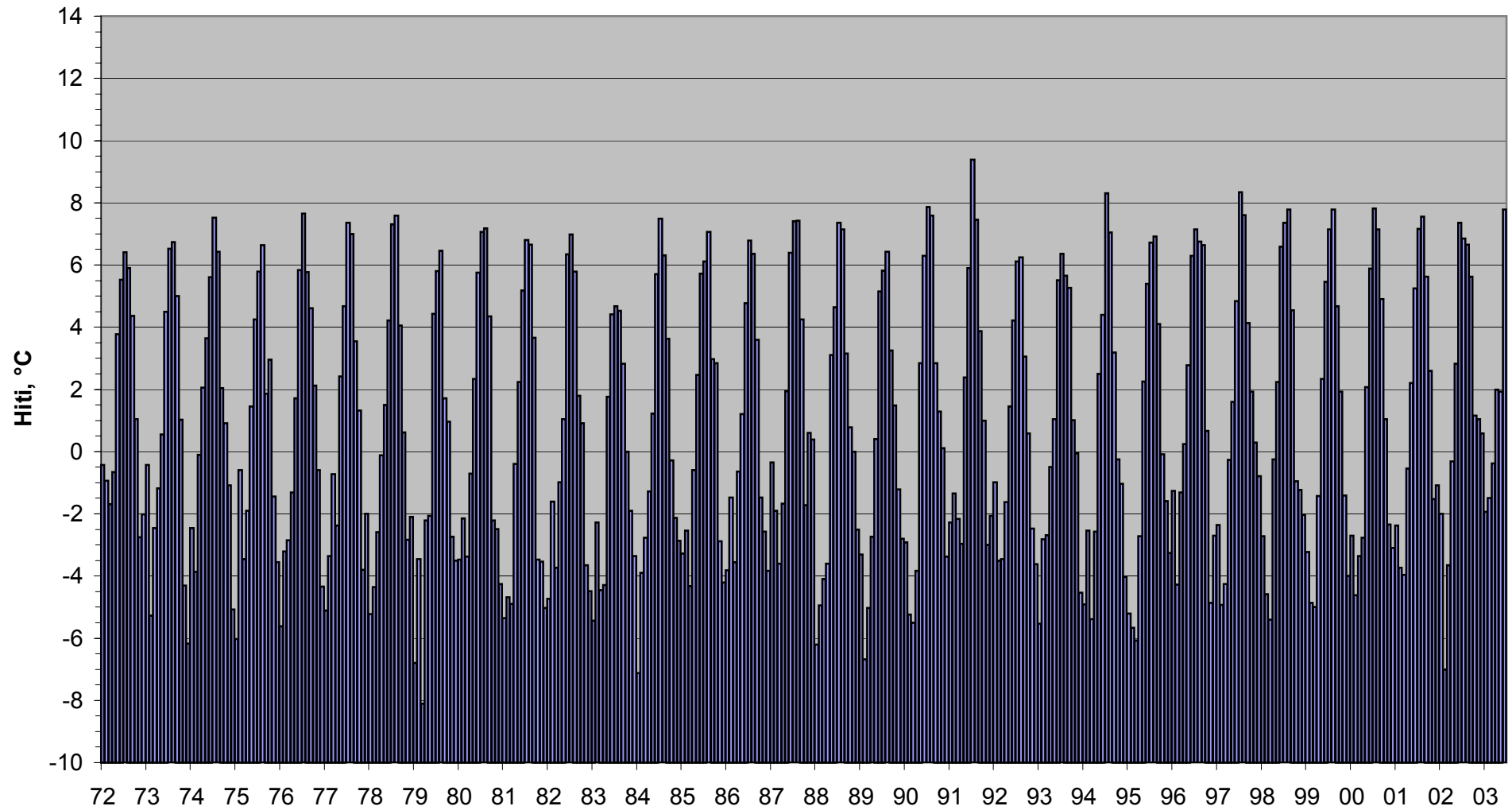
## Mældur mánaðarmeðalhiti í Reykjavík



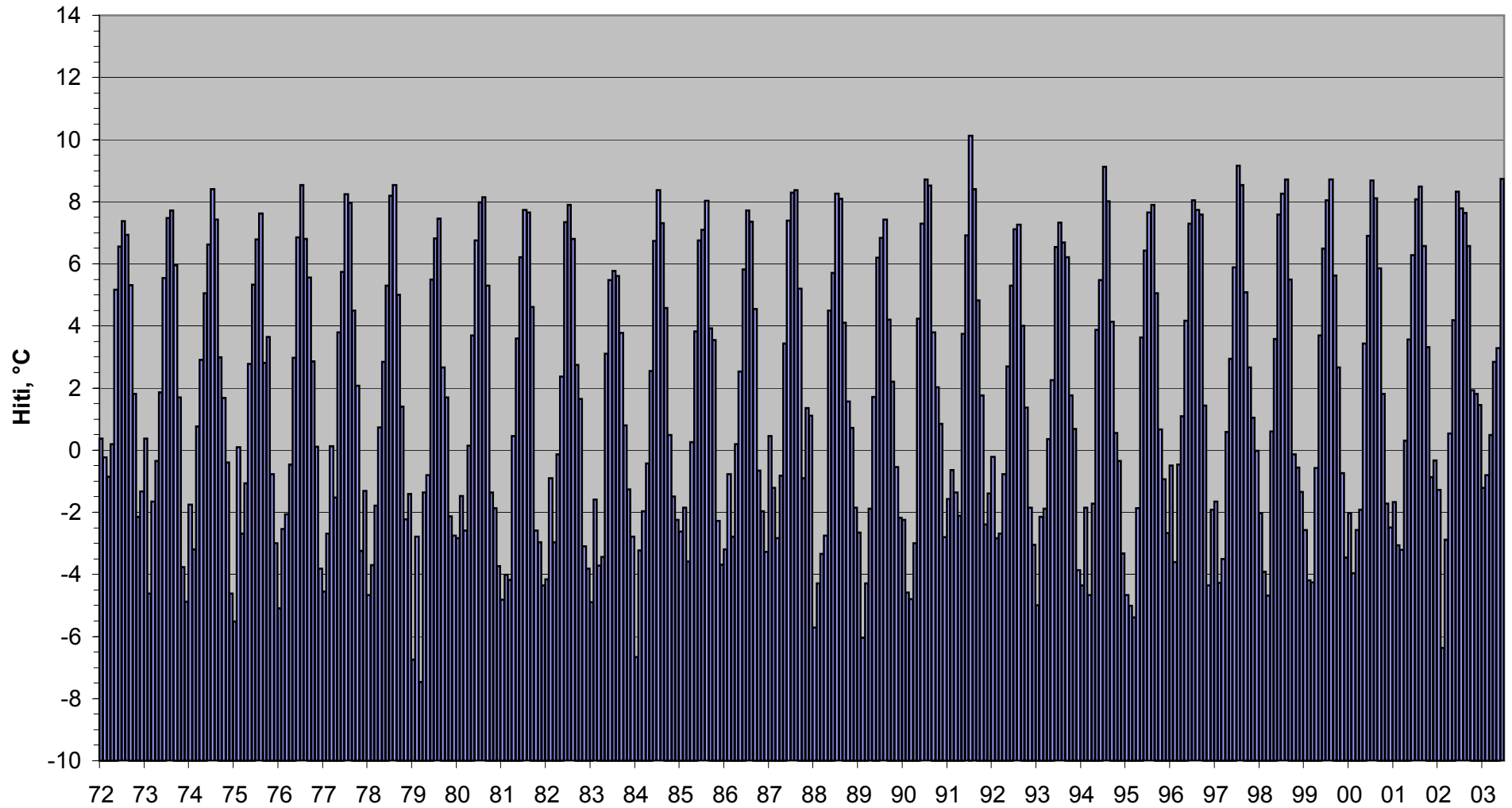
## Mældur mánaðarmeðalhiti á Hólmi



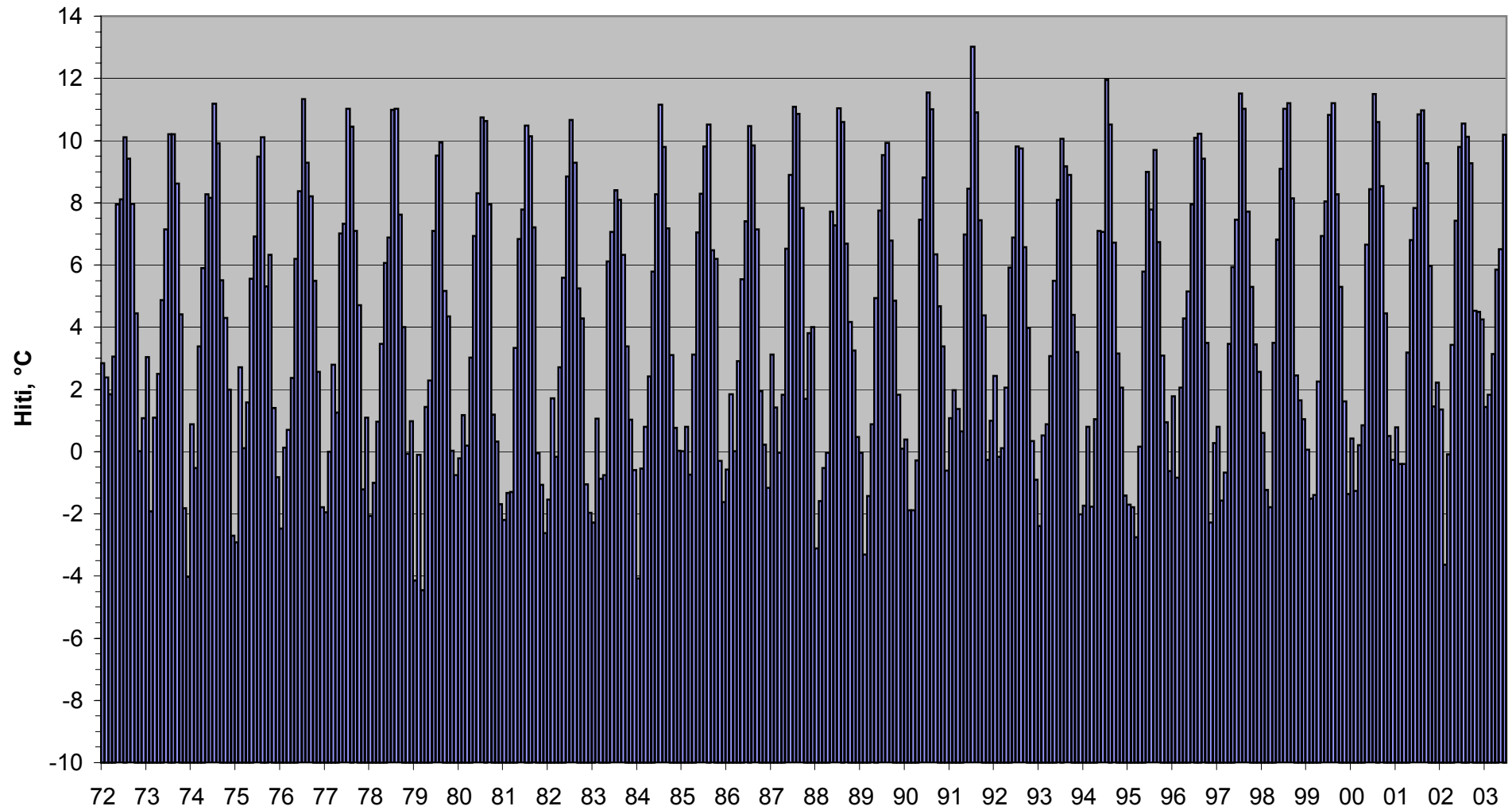
## Mældur mánaðarmeðalhiti í Bláfjöllum



Mældur mánaðarmeðalhiti á Hellisheiði

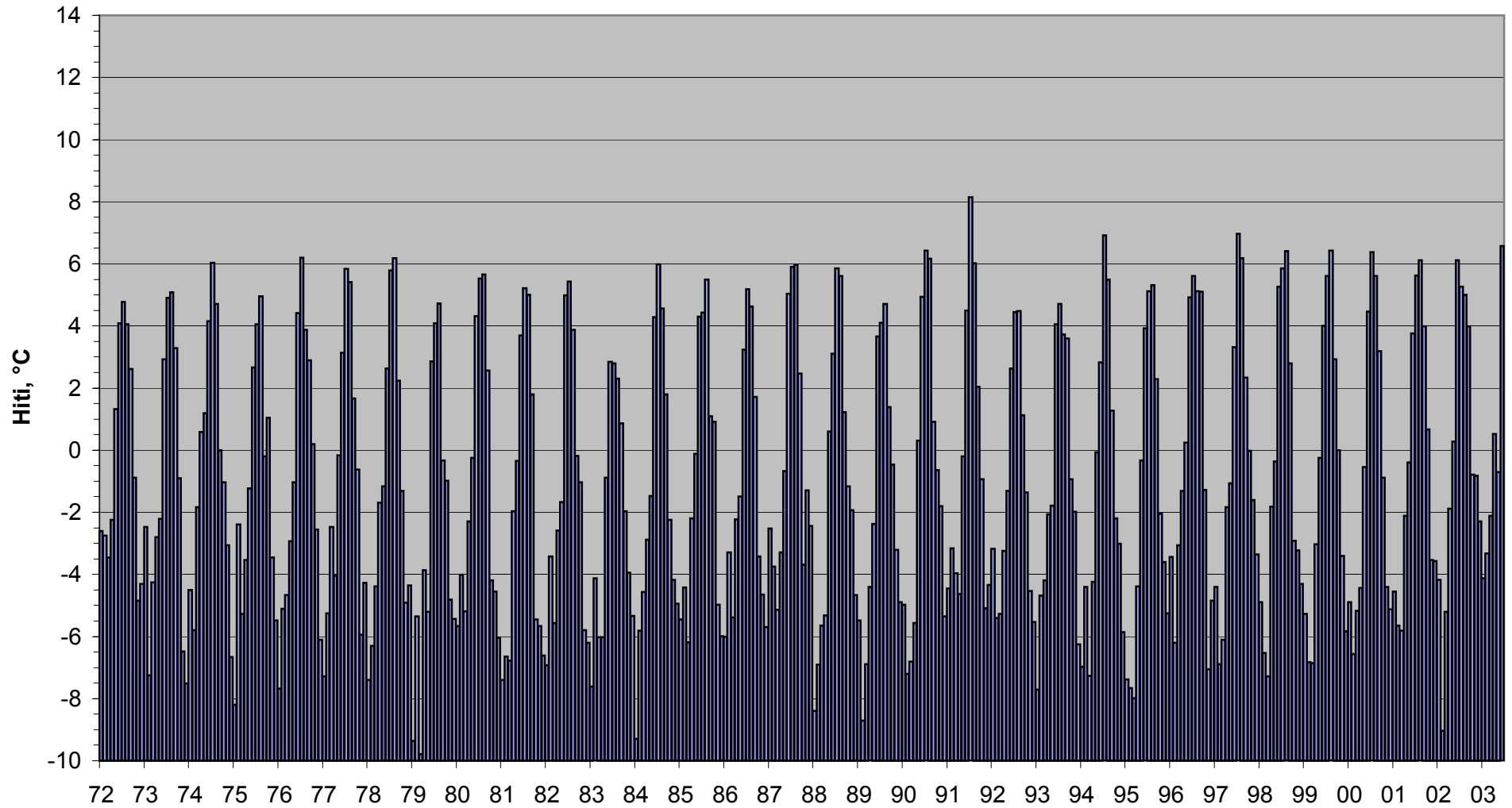


## Mældur mánaðarmeðalhiti við Korpu

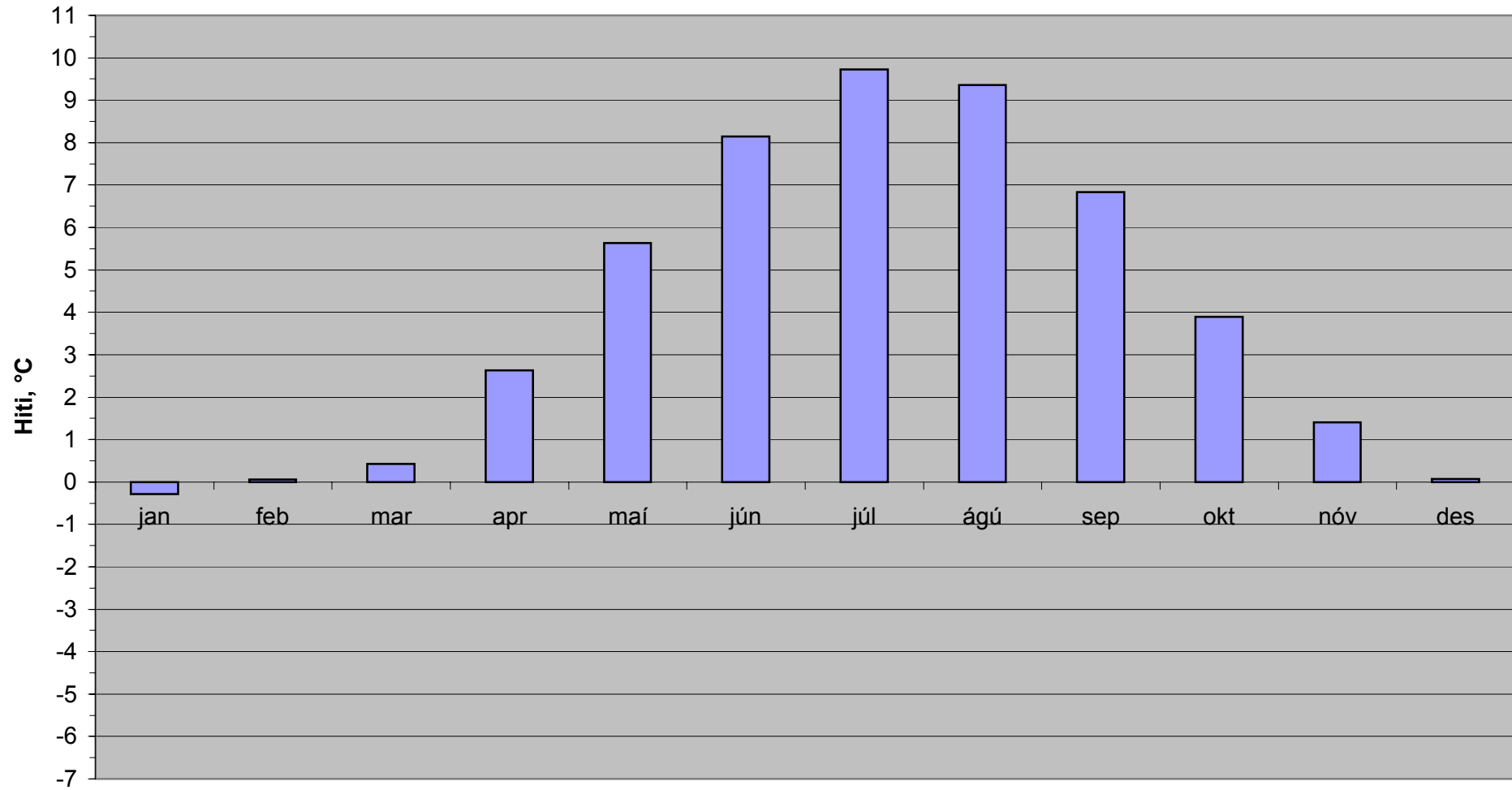




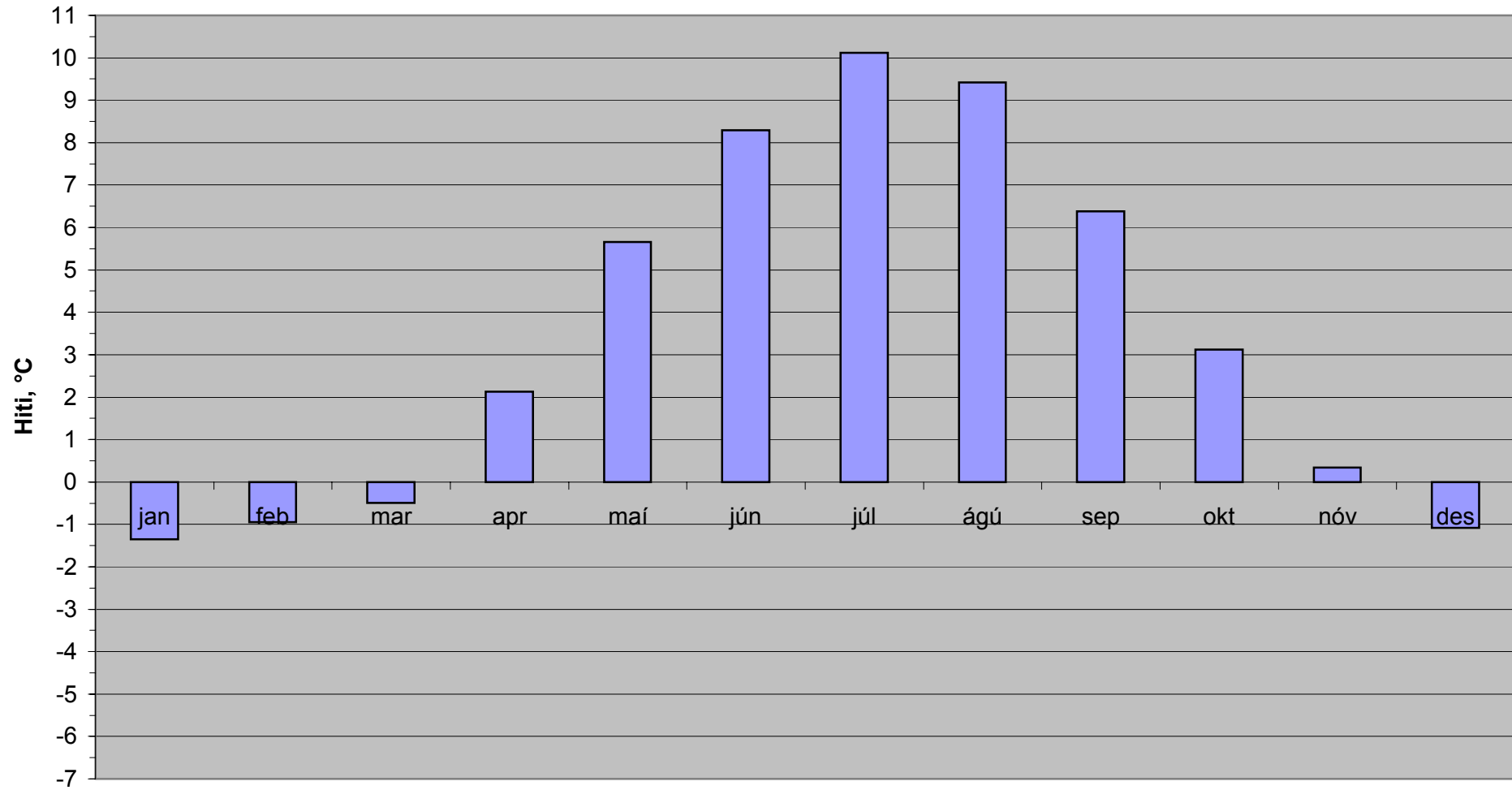
Mældur mánaðarmeðalhiti í Skálafelli



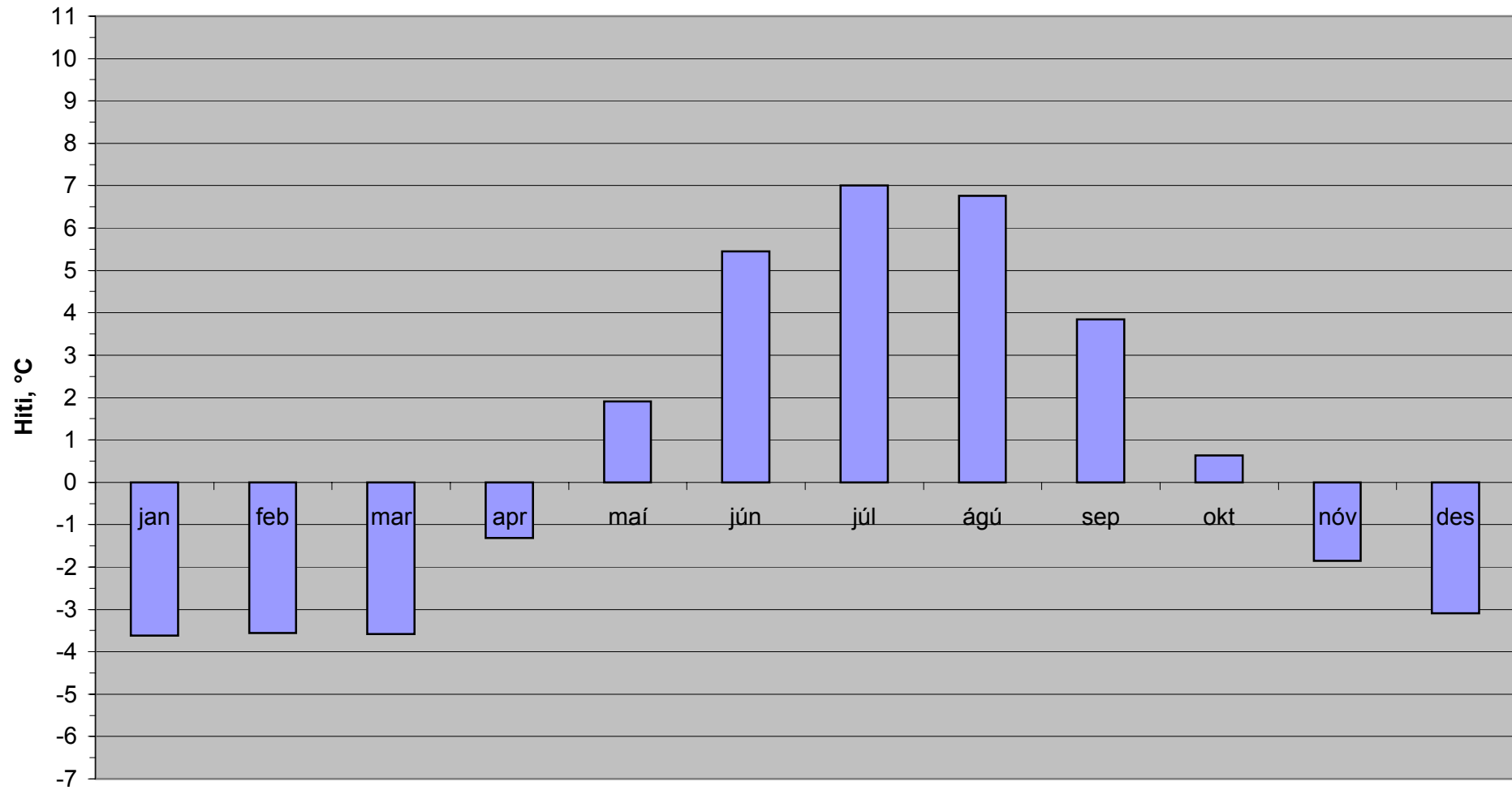
Mældur meðalhiti mánaða í Reykjavík  
1 jan. 1972 - 30 júní 2003



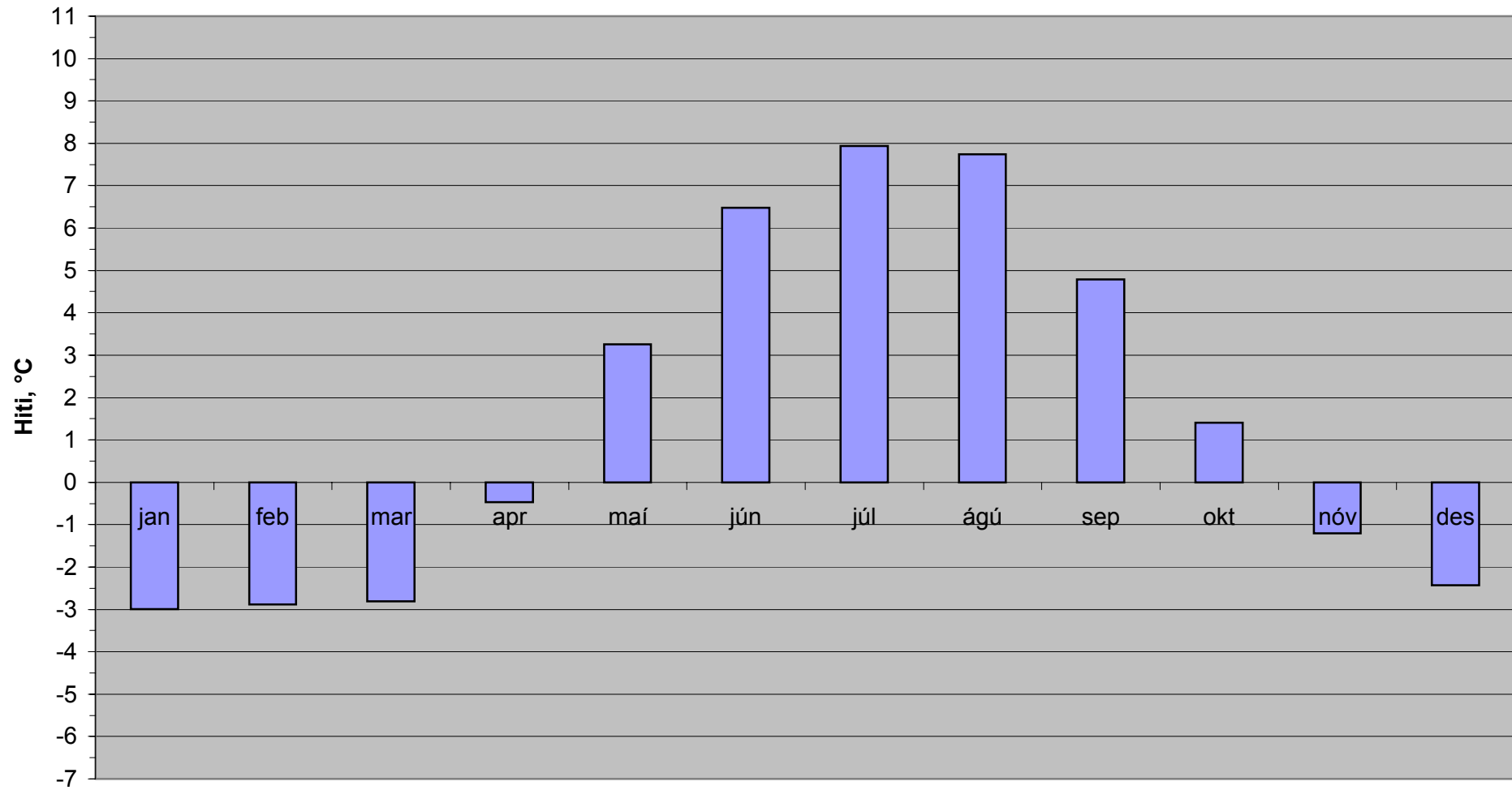
Mældur meðalhiti mánaða á Hólmi  
1 jan. 1972 - 30 júní 2003



Mældur meðalhiti mánaða í Bláfjöllum  
1 jan. 1972 - 30 júní 2003

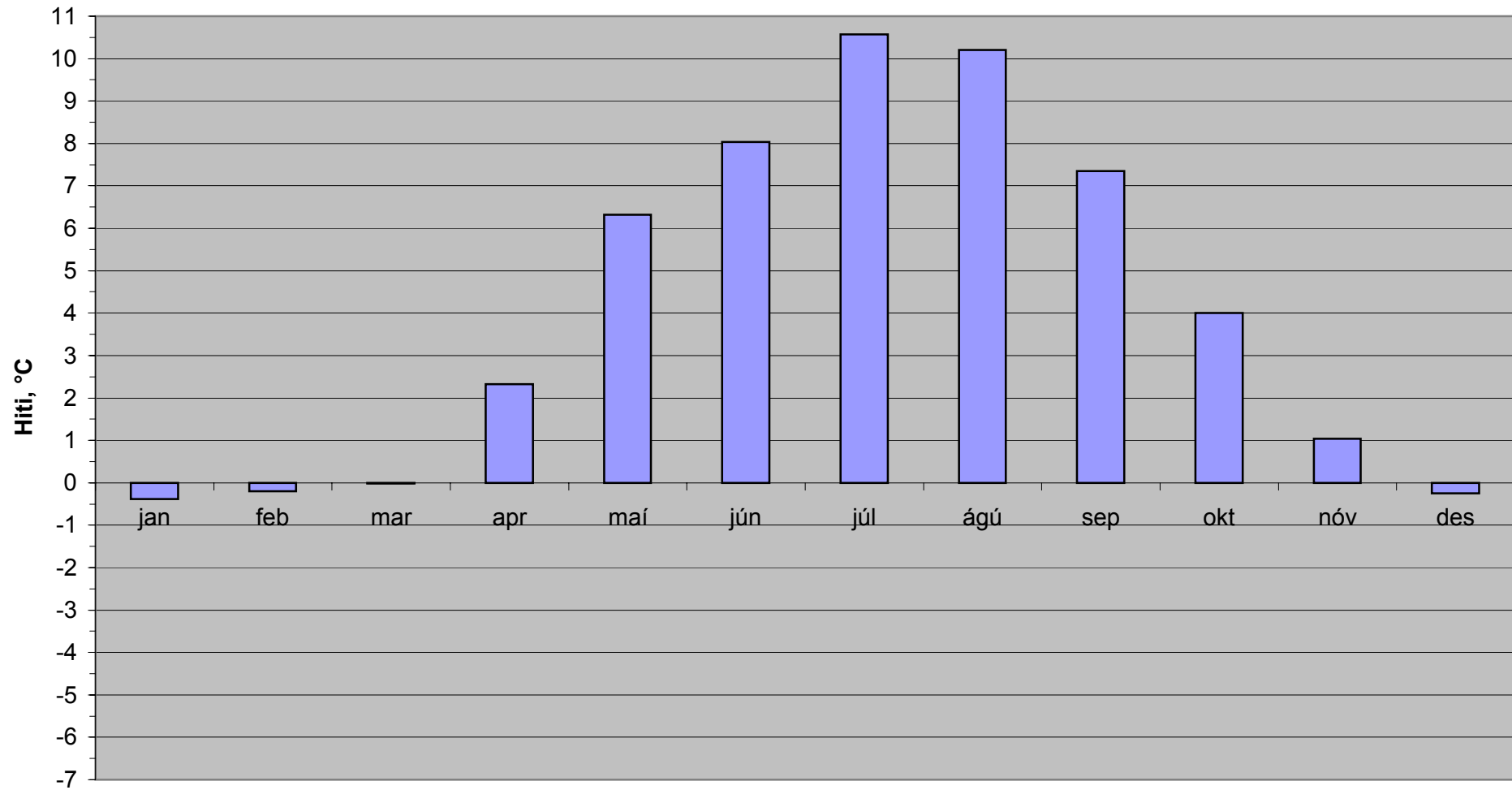


Mældur meðalhiti mánaða á Hellisheiði  
1 jan. 1972 - 30 júní 2003

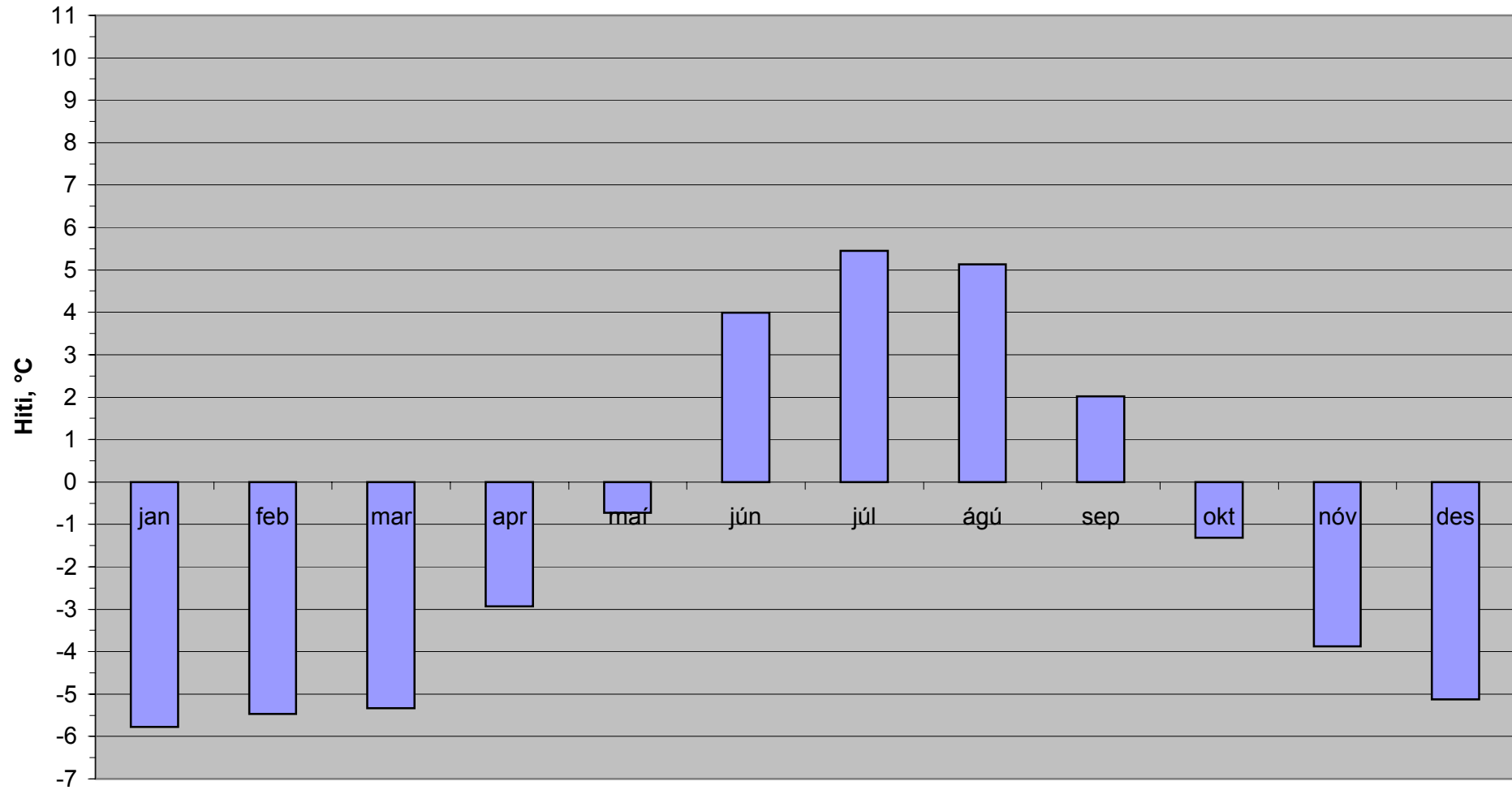




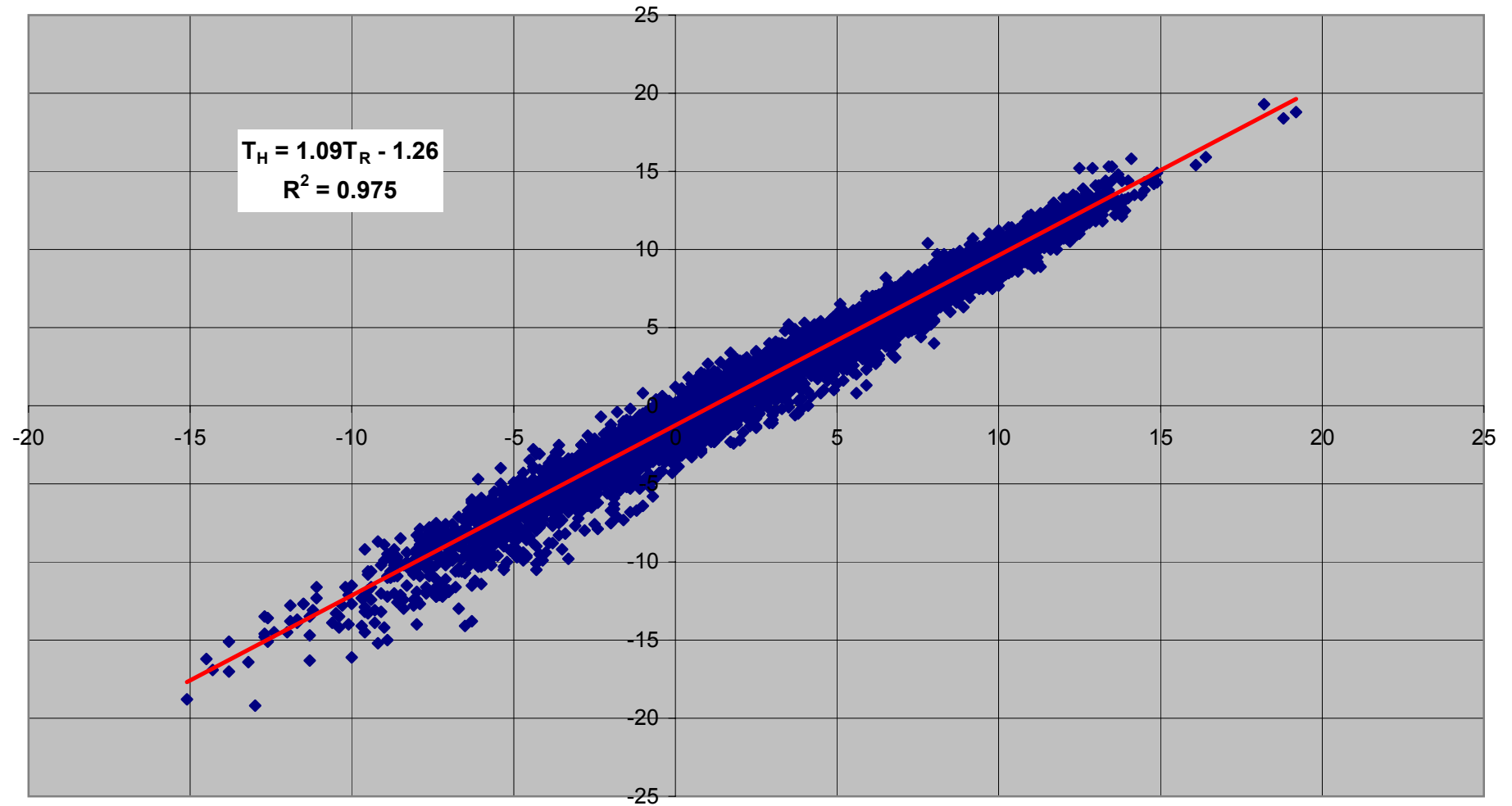
Mældur meðalhiti mánaða við Korpu  
1 jan. 1972 - 30 júní 2003



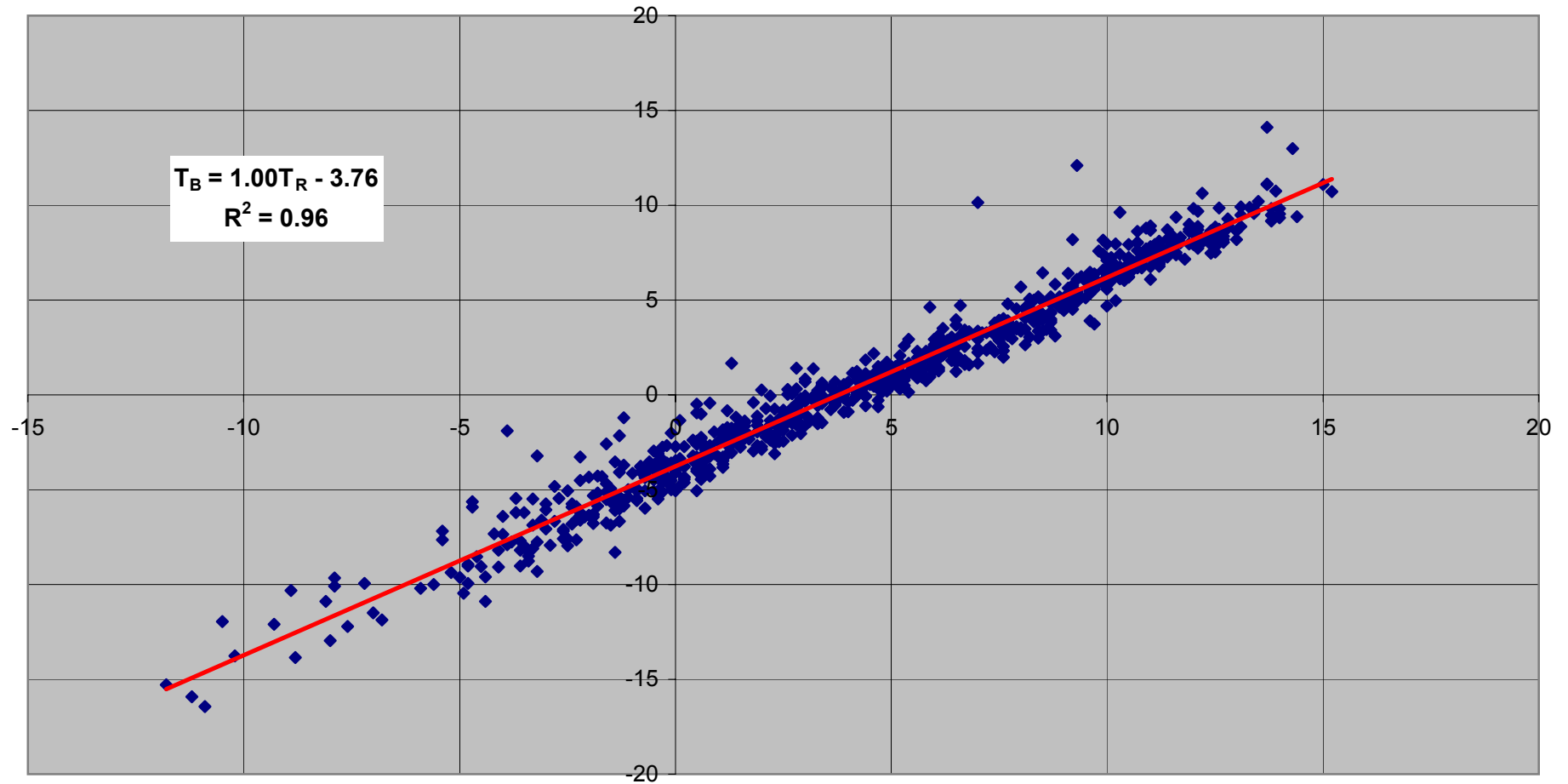
Mældur meðalhiti mánaða í Skálafelli  
1 jan. 1972 - 30 júní 2003



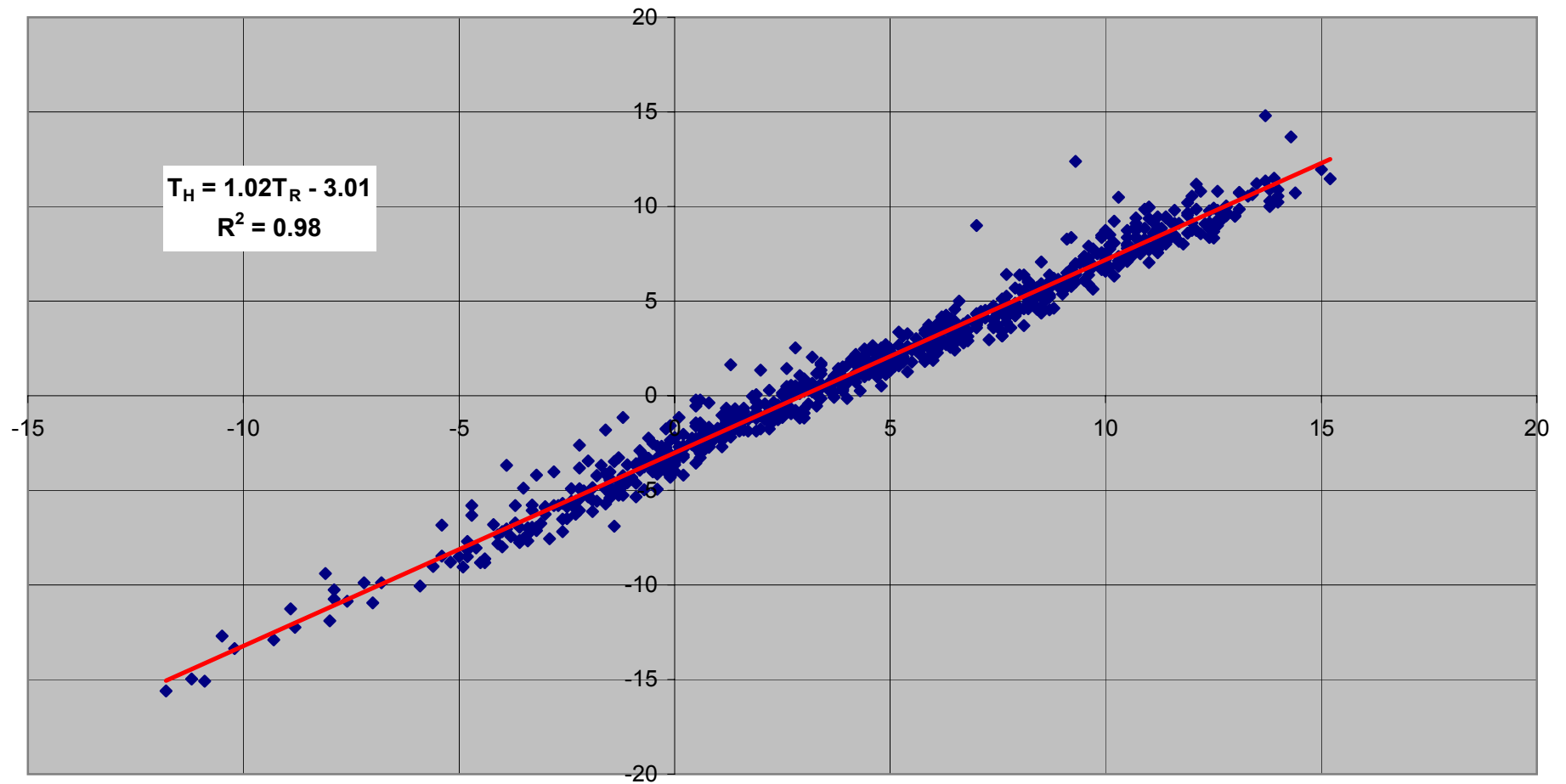
Samband hita í Reykjavík og á Hólmi (1 jan. 1964 - 30 sept. 1983)



Samband hita í Reykjavík og Bláfjöllum (1 mars 1997 - 30 apr. 1999)

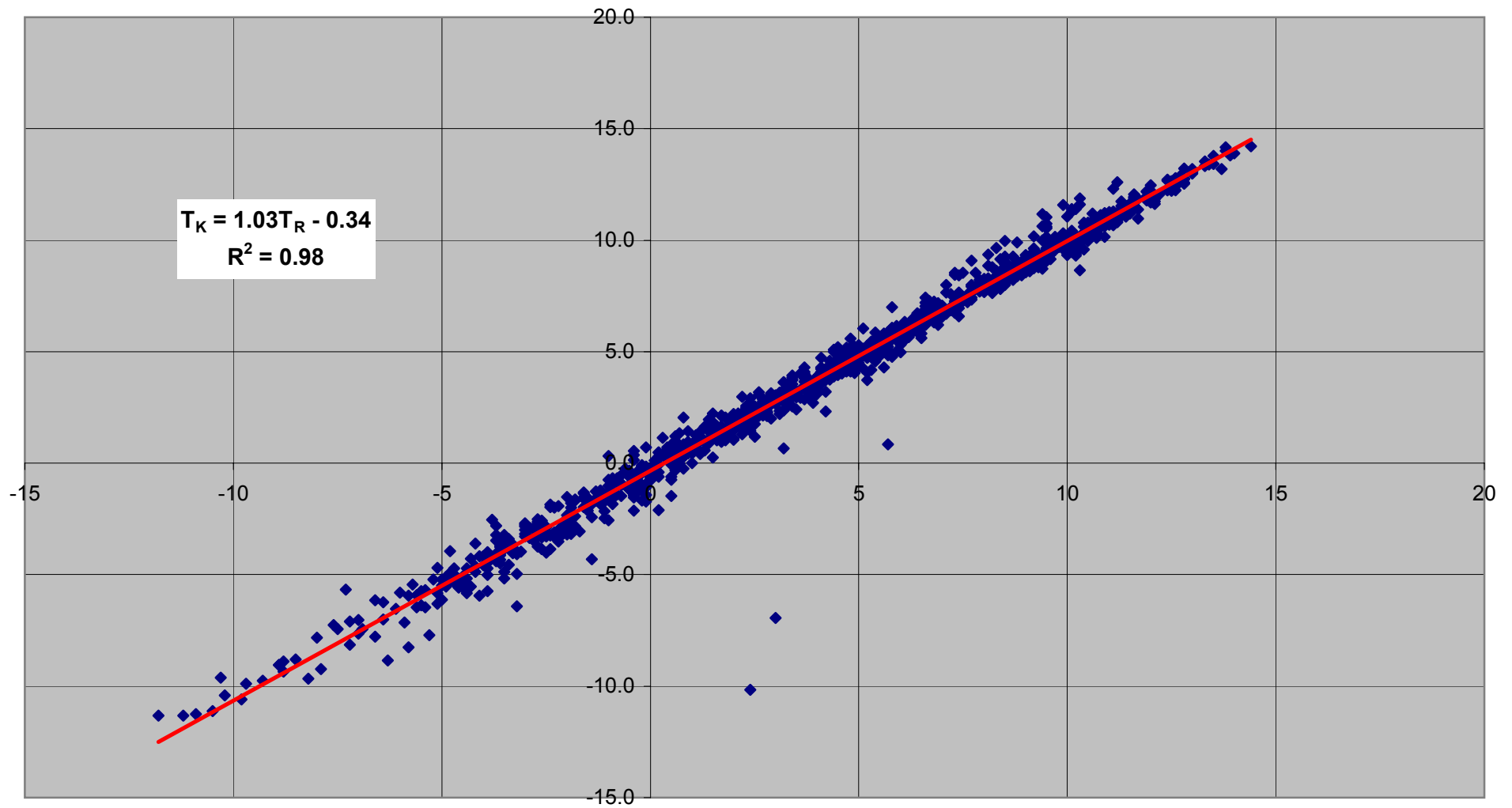


## Samband hita í Reykjavík og á Hellisheiði (1 mars 1997 - 30 apr. 1999)

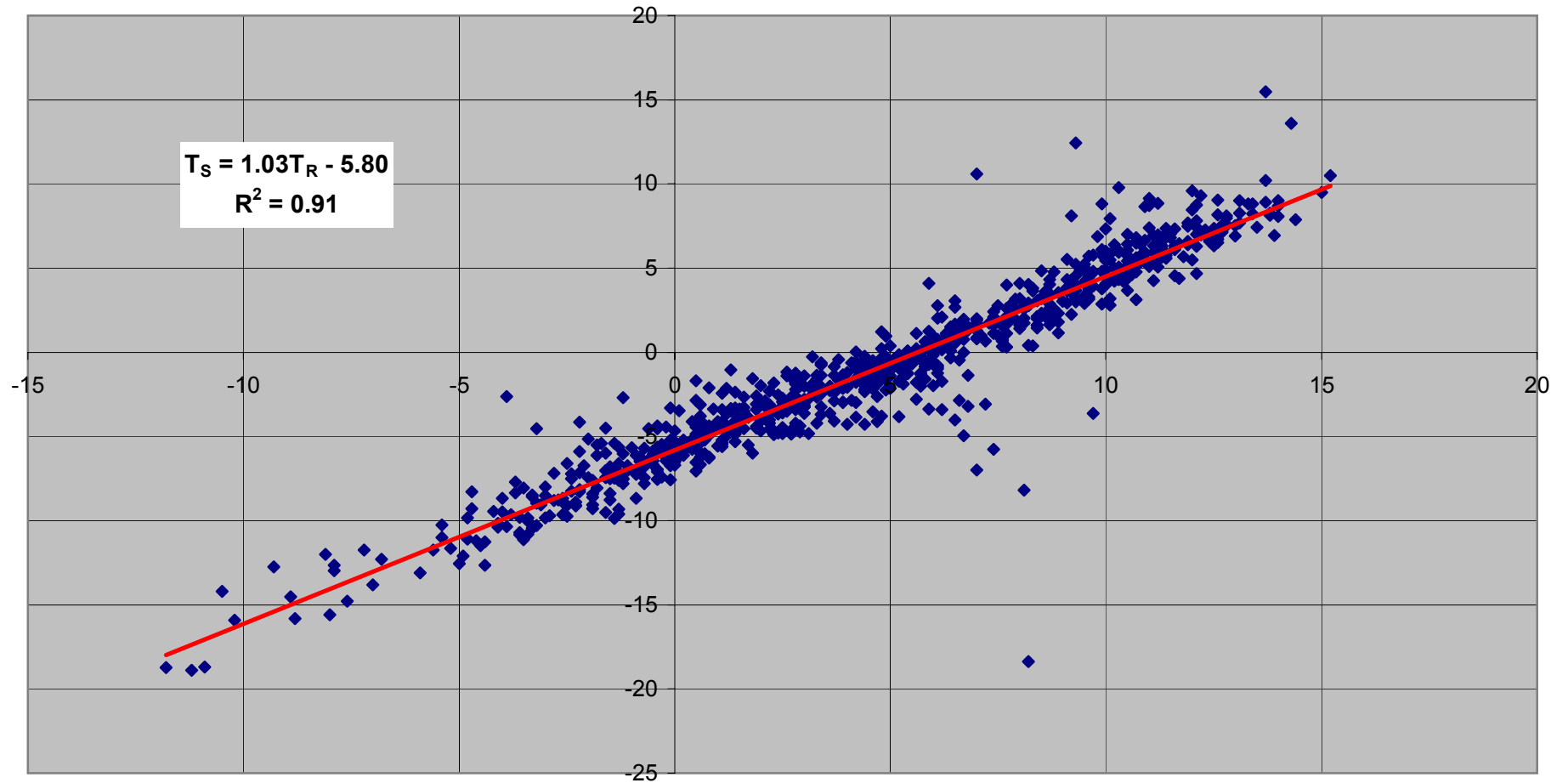




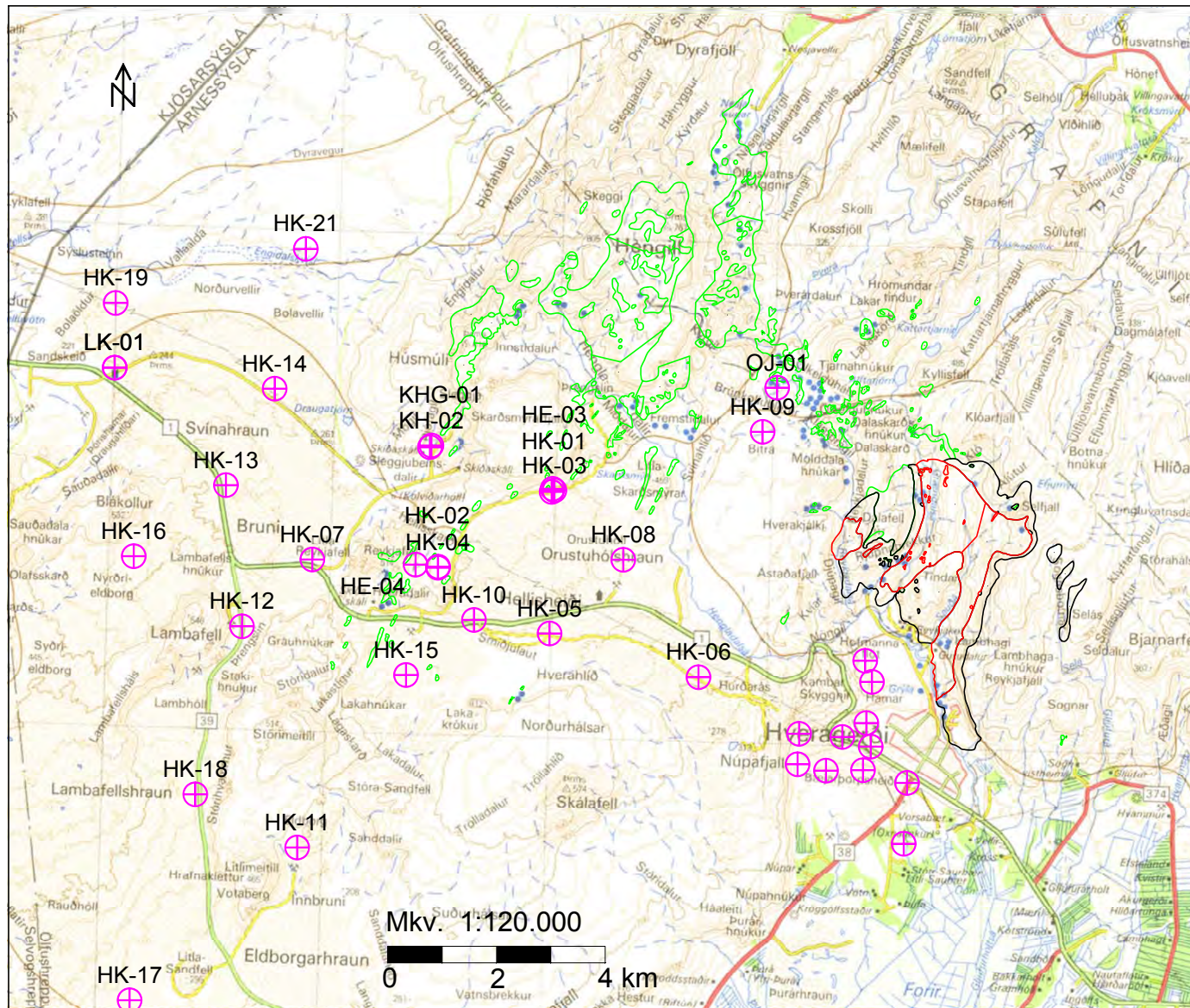
Samband hita í Reykjavík og við Korpu (1 jan. 1995 - 31 des. 1998)



Samband hita í Reykjavík og Skálafelli (1 mars 1997 - 30 apr. 1999)



Ummyndun á Hengilsvæði



⊕ Borholur

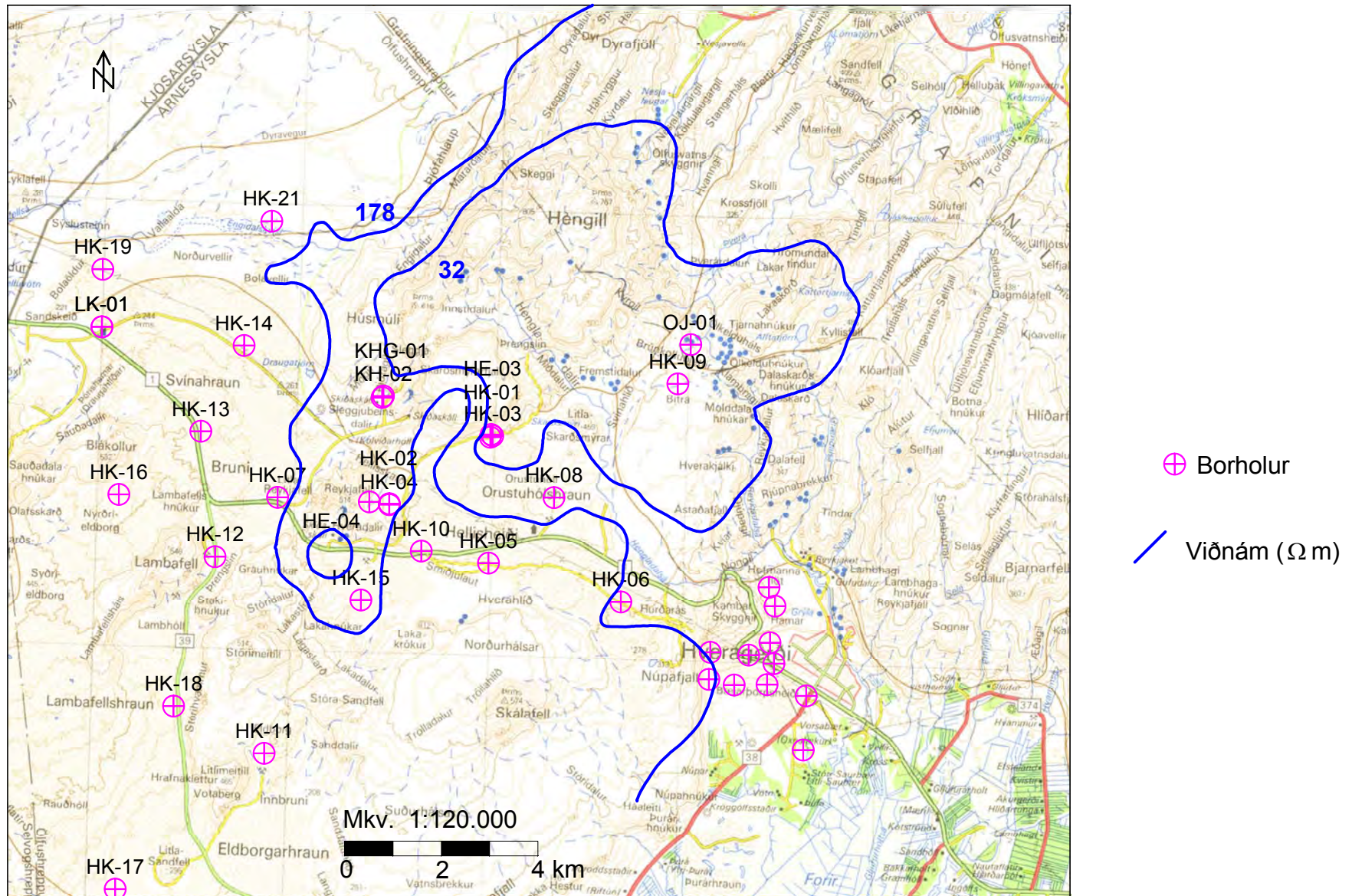
— Væg ummyndun

— Dökkbrún ásýnd (smektít)

— Grænleit ásýnd (bandleir/klórít)



Mælt viðnám á Hengilsvæði (200 m y.s.)



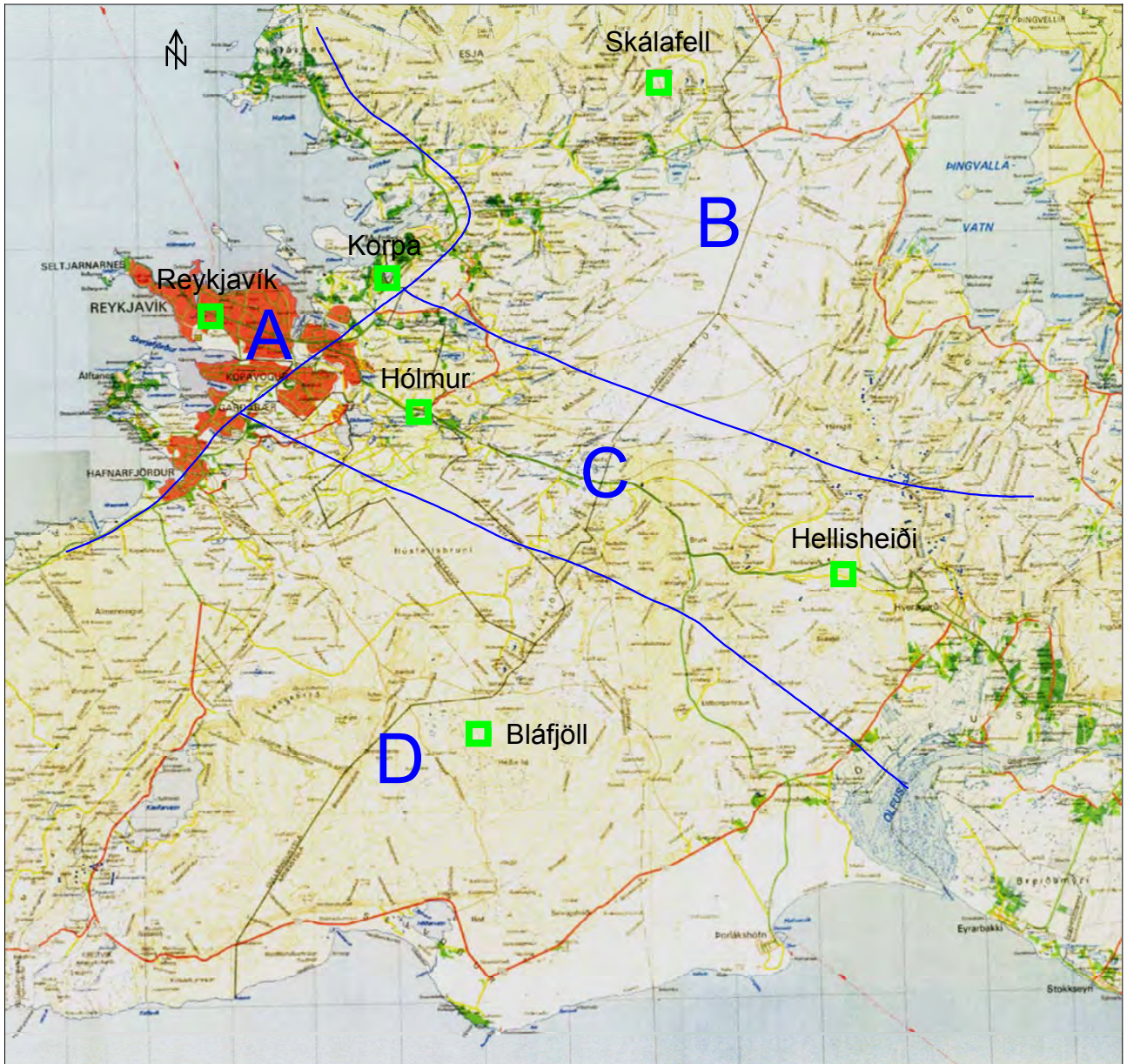


VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

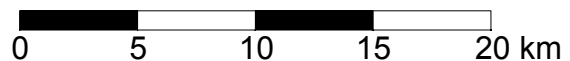
Hitasvæði



■ Veðurmælingastöð

Mkv. 1:330.000

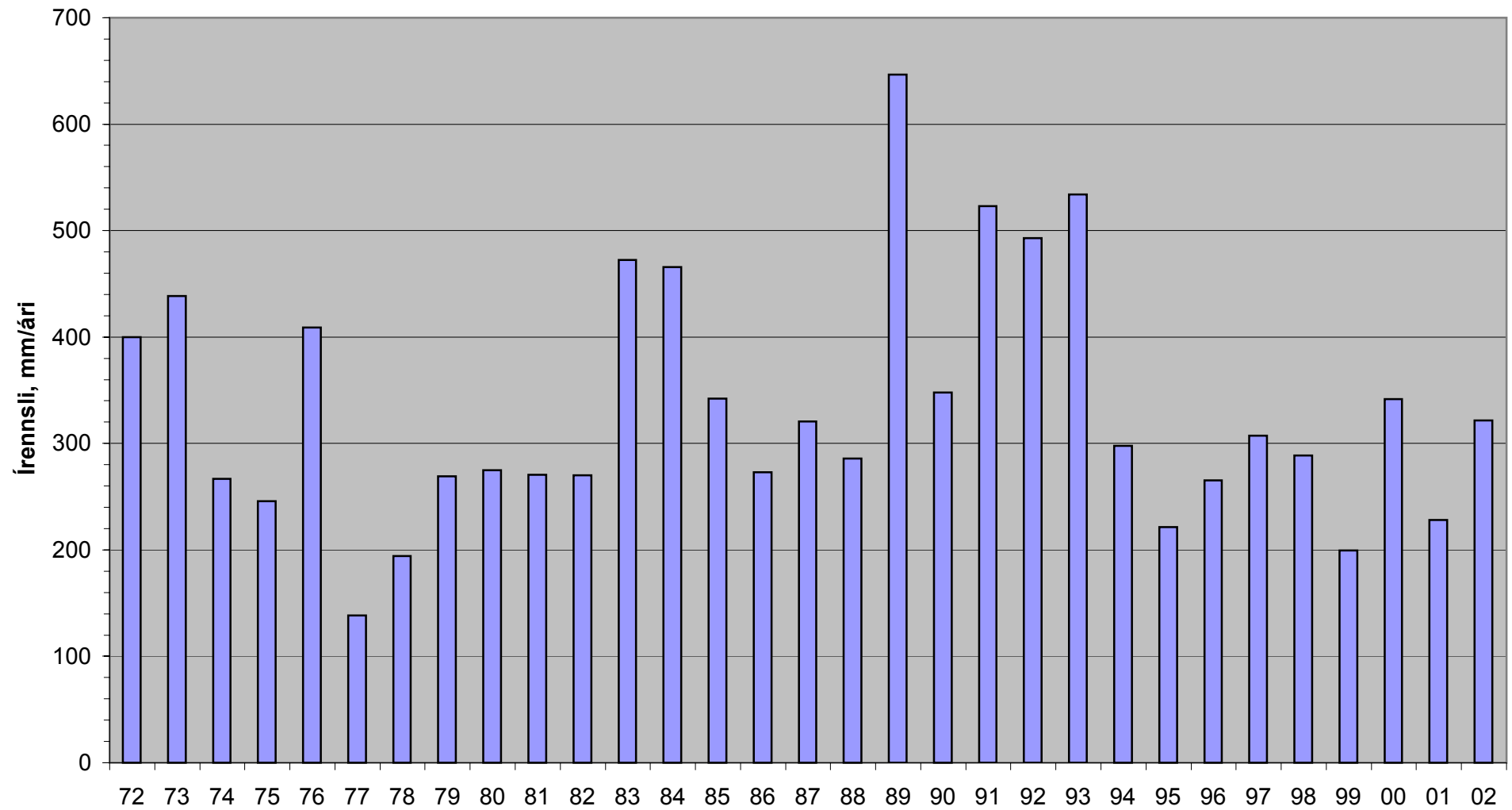
— Hitasvæði



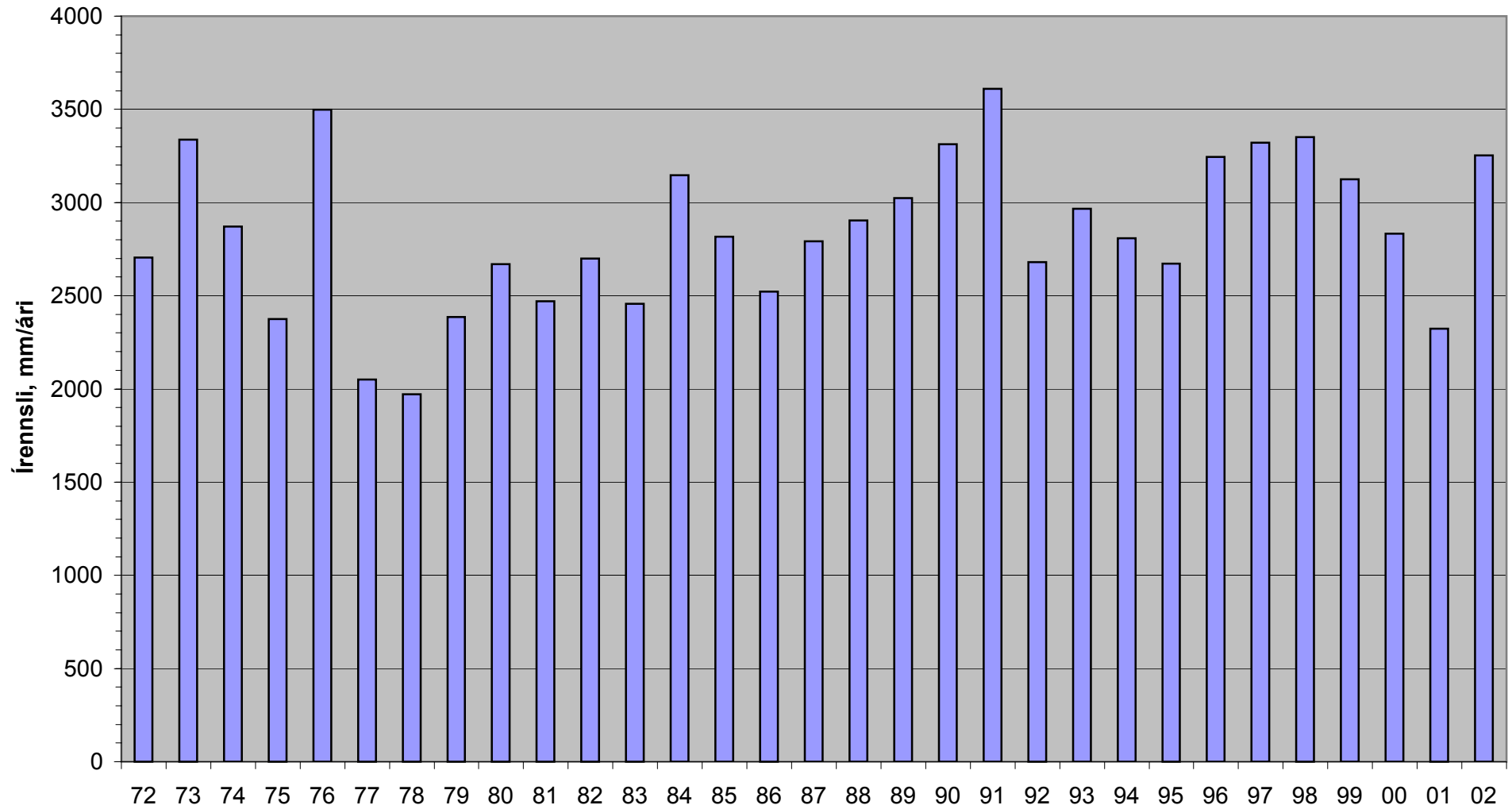
- Svæði A - Reykjavík/Kórpa hitastigull
- Svæði B - Kórpa/Skálafell hitastigull
- Svæði C - Hólmur/Hellisheiði hitastigull
- Svæði D - Hólmur/Bláfjöll hitastigull



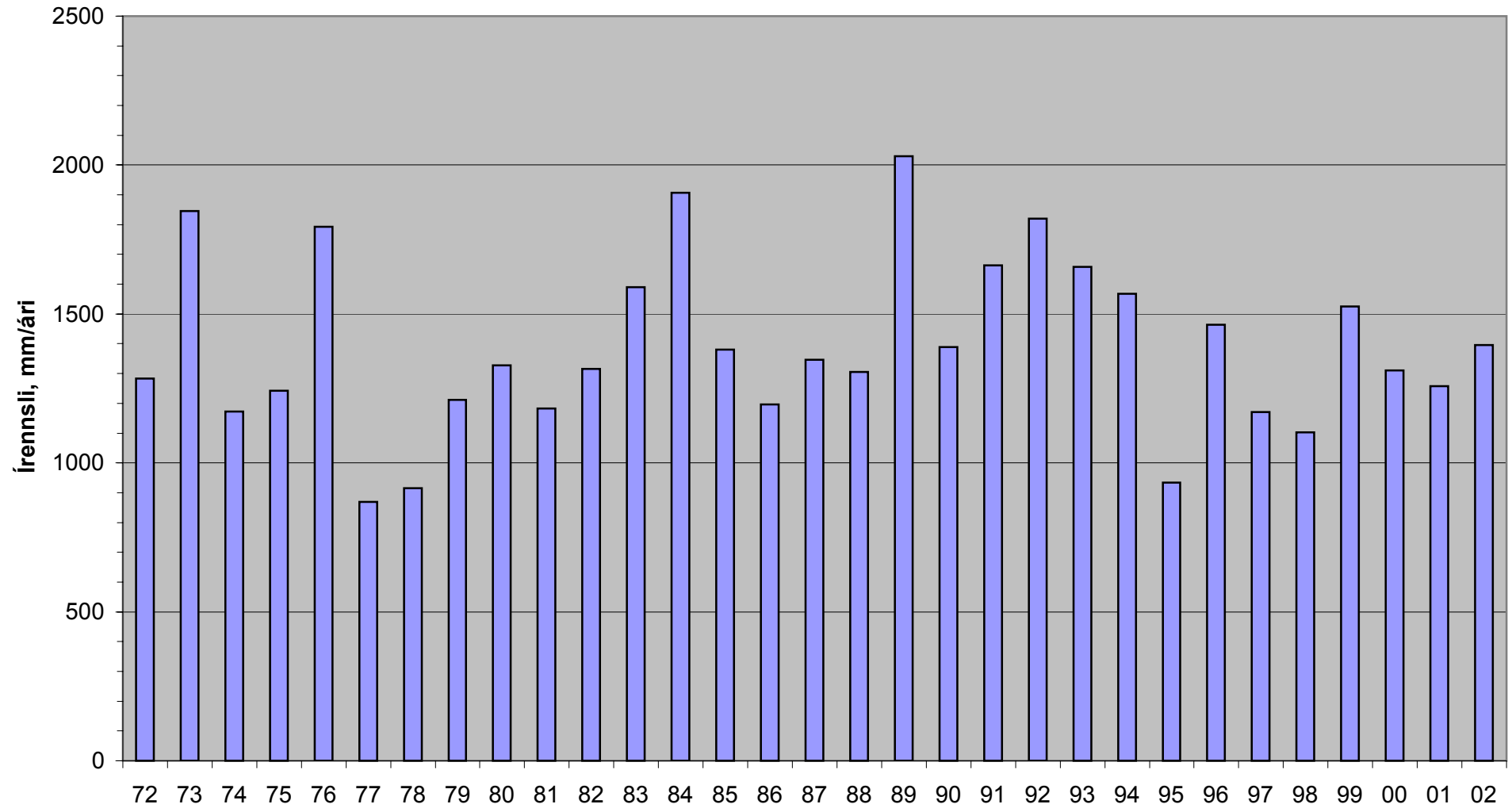
## Meðalársírennsli í nágrenni Elliðavatns (50 m y.s.)



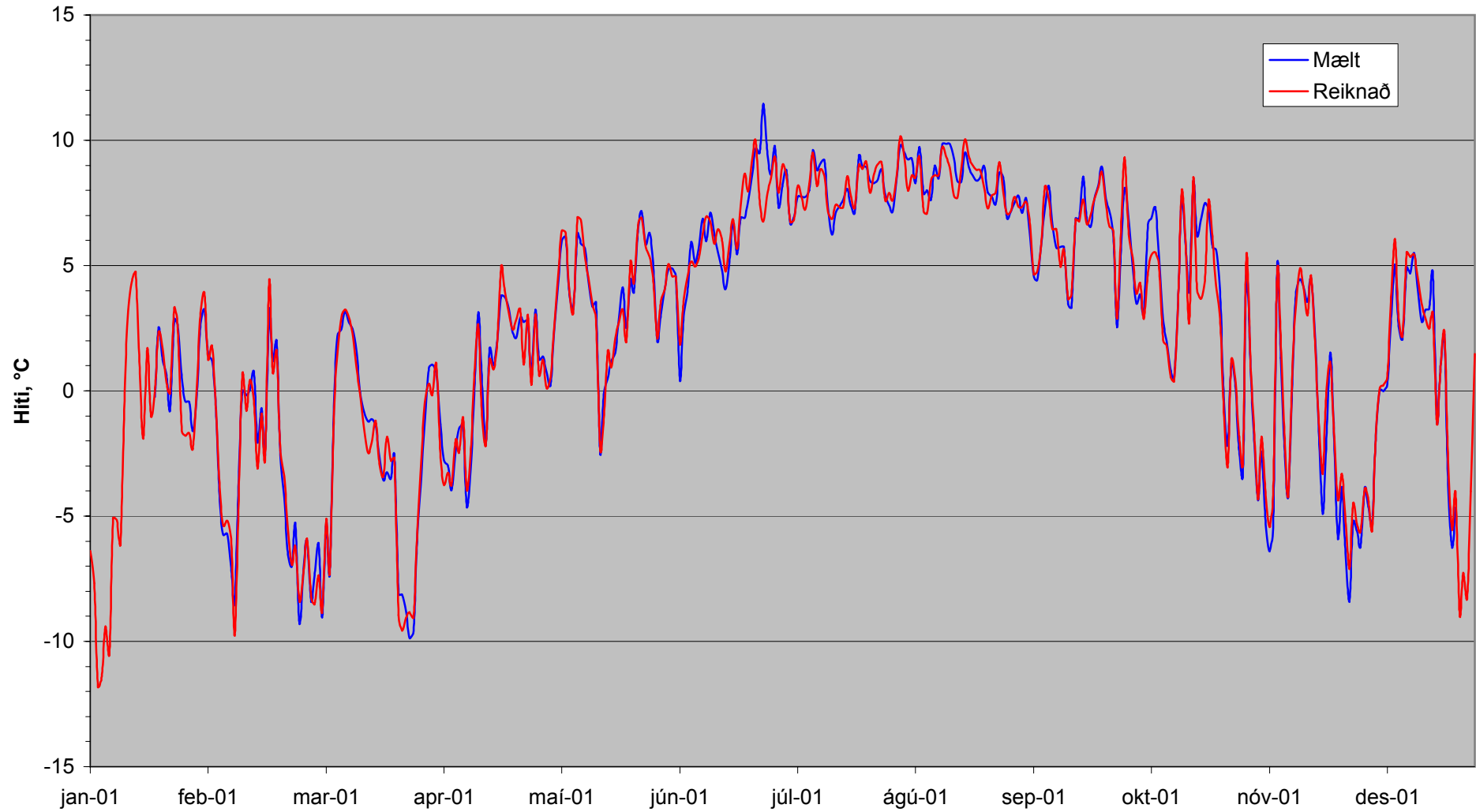
## Meðalársírennsli í nágrenni Bláfjalla (650 m y.s.)



## Meðalársírennsli í nágrenni Esju (850 m y.s.)



## Samanburð á mældum og reiknuðum hita á Hellisheiði

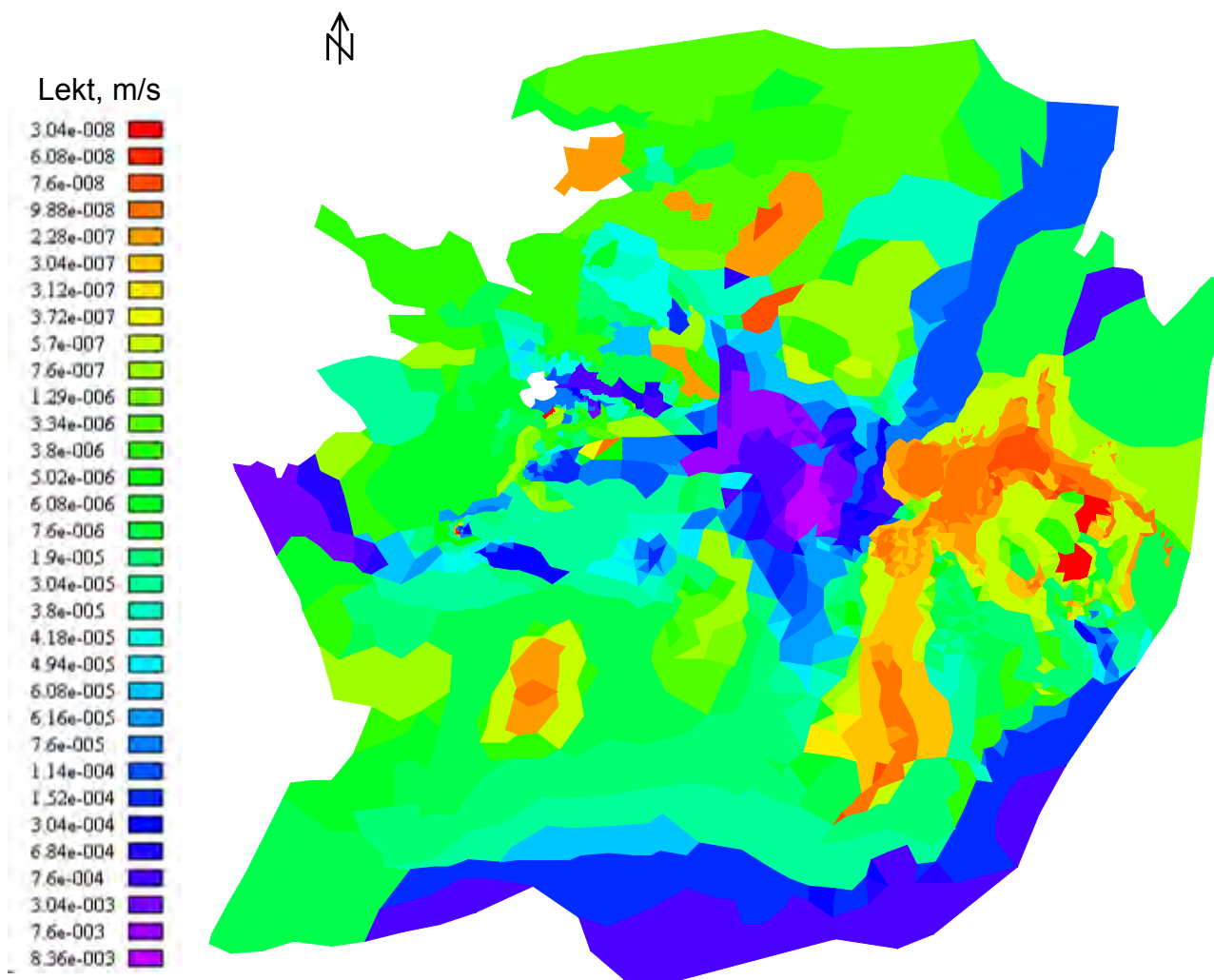


VATNASKIL

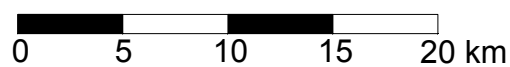
HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

Lekt



Mkv. 1:355.000



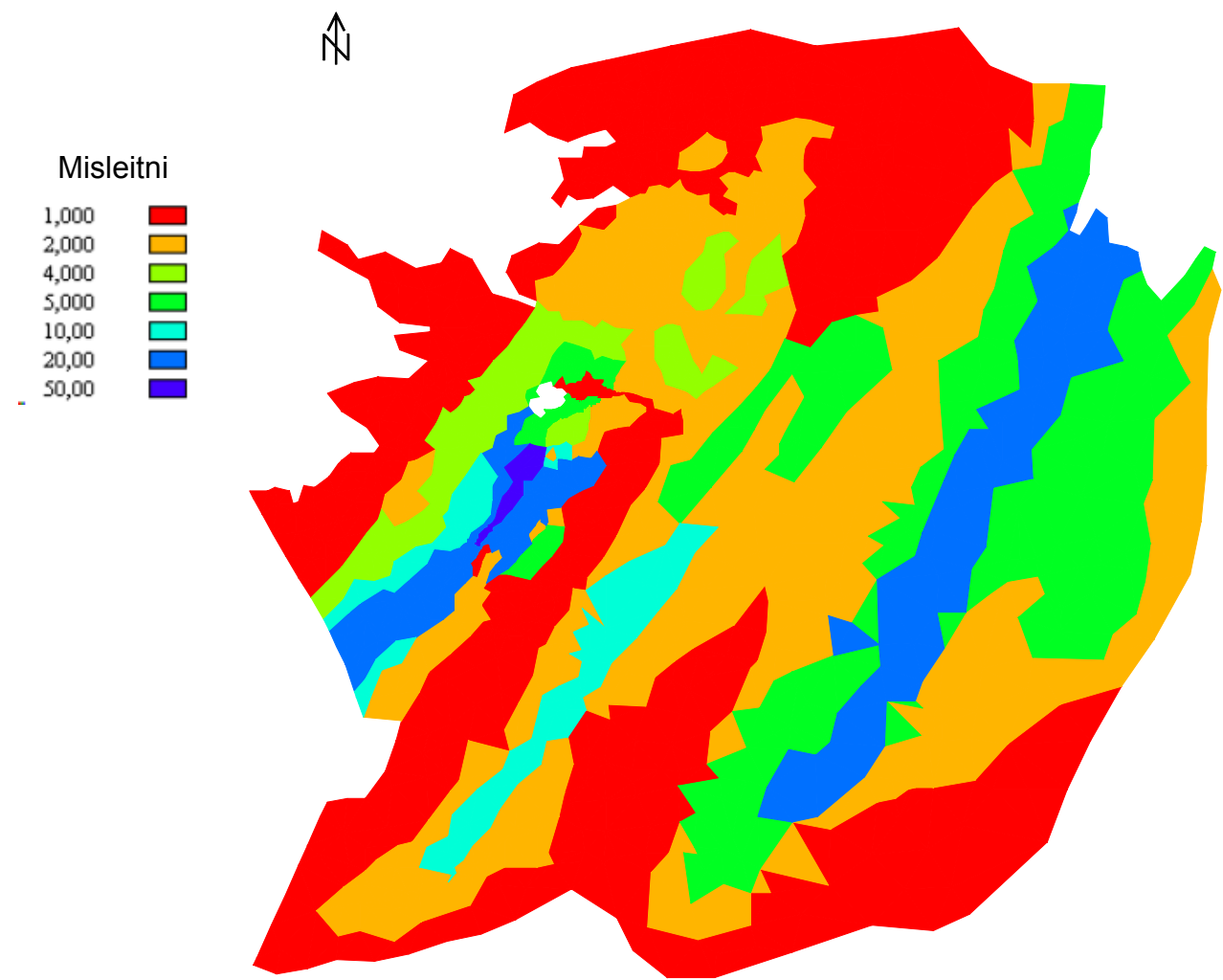


VATNASKIL

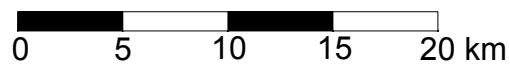
HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

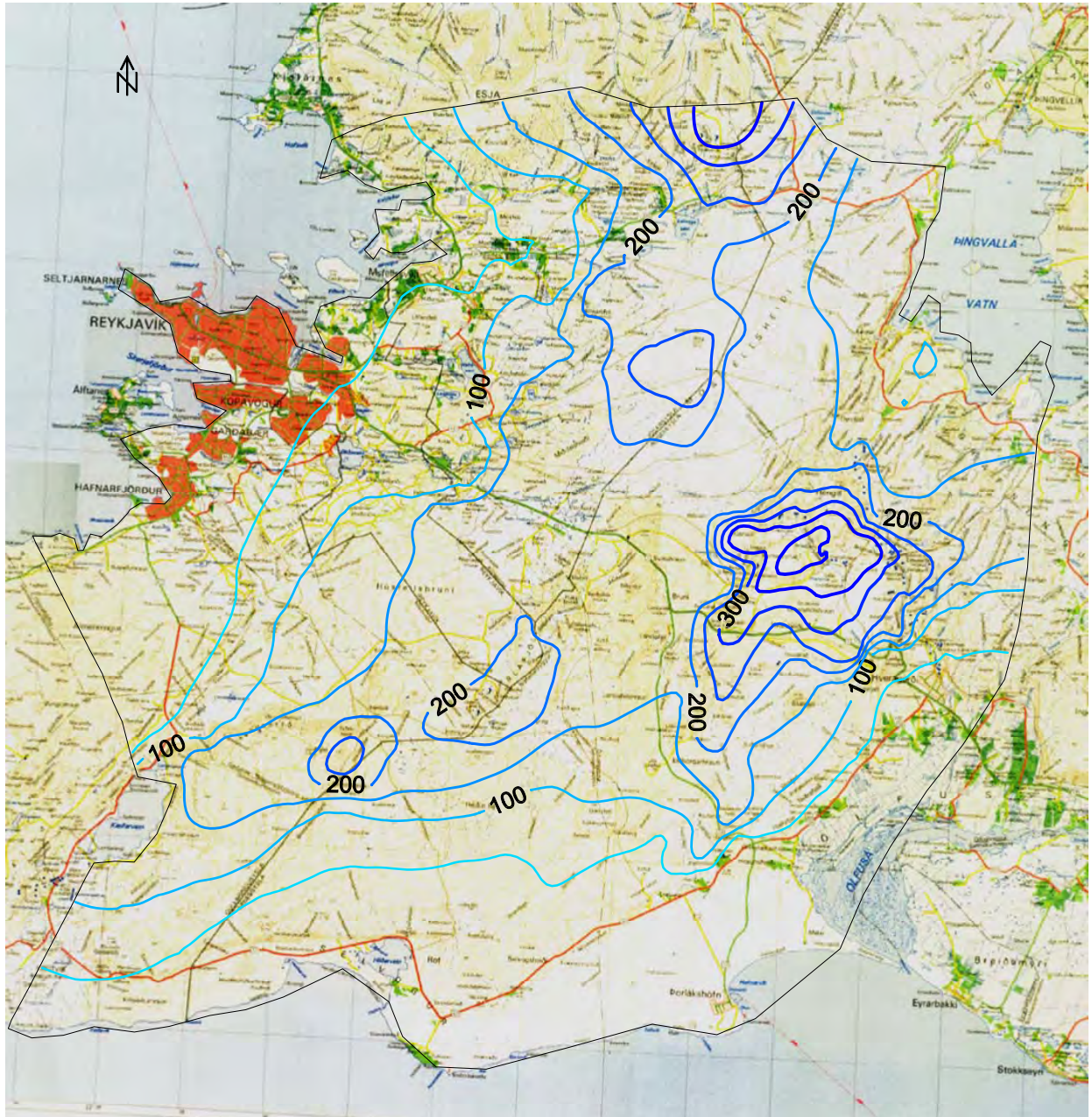
Misleitni



Mkv. 1:355.000

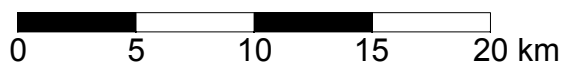


Reiknuð grunnvatnshæð  
Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs



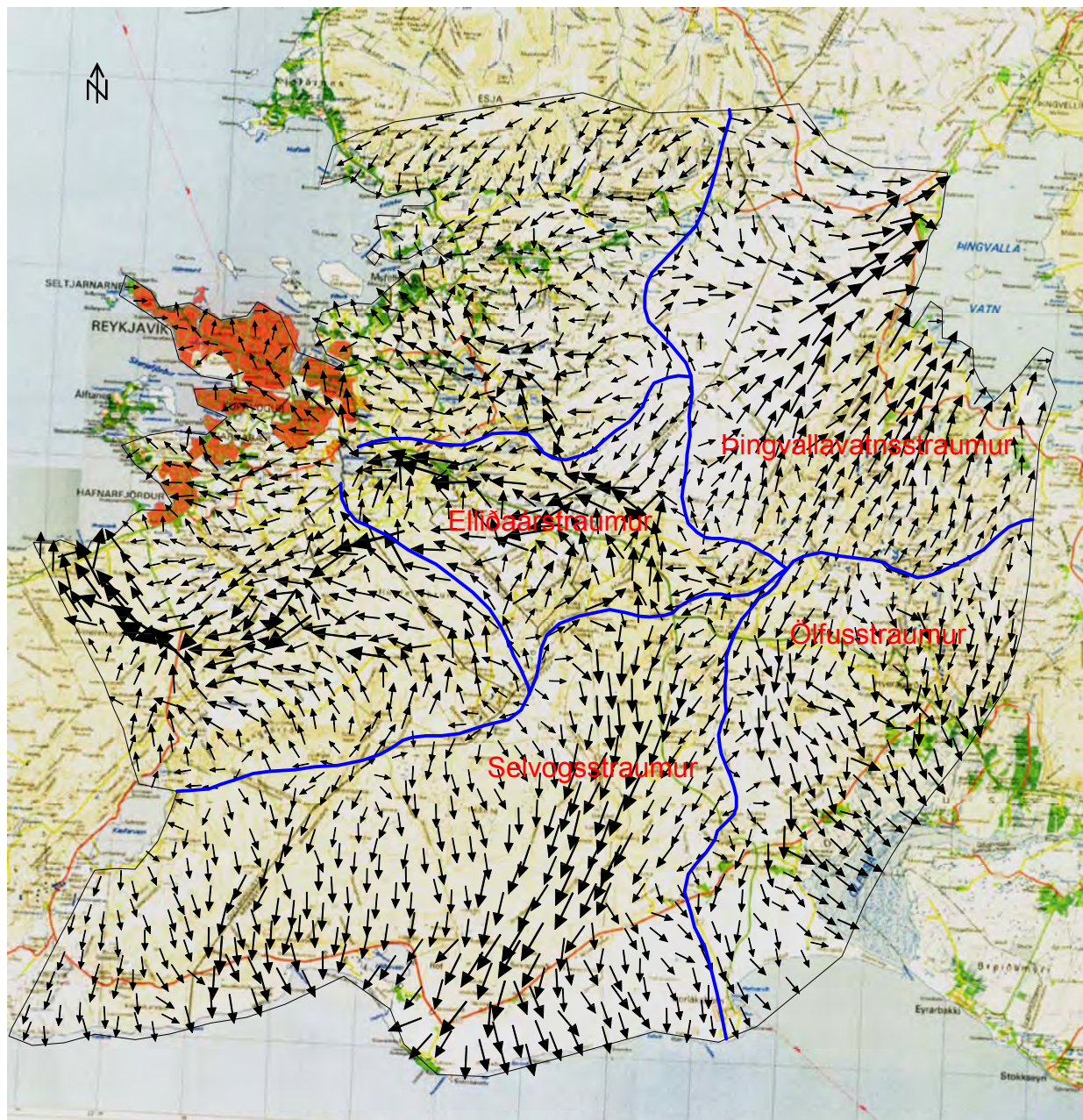
- Reiknuð grunnvatnshæð, m y.s.
- Líkansvæði

Mkv. 1:330.000

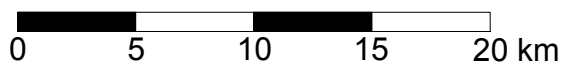




Reiknað grunnvatnsrennsli  
Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs



Mkv. 1:330.000



— Líkansvæði

— Grunnvatnsvatnaskil

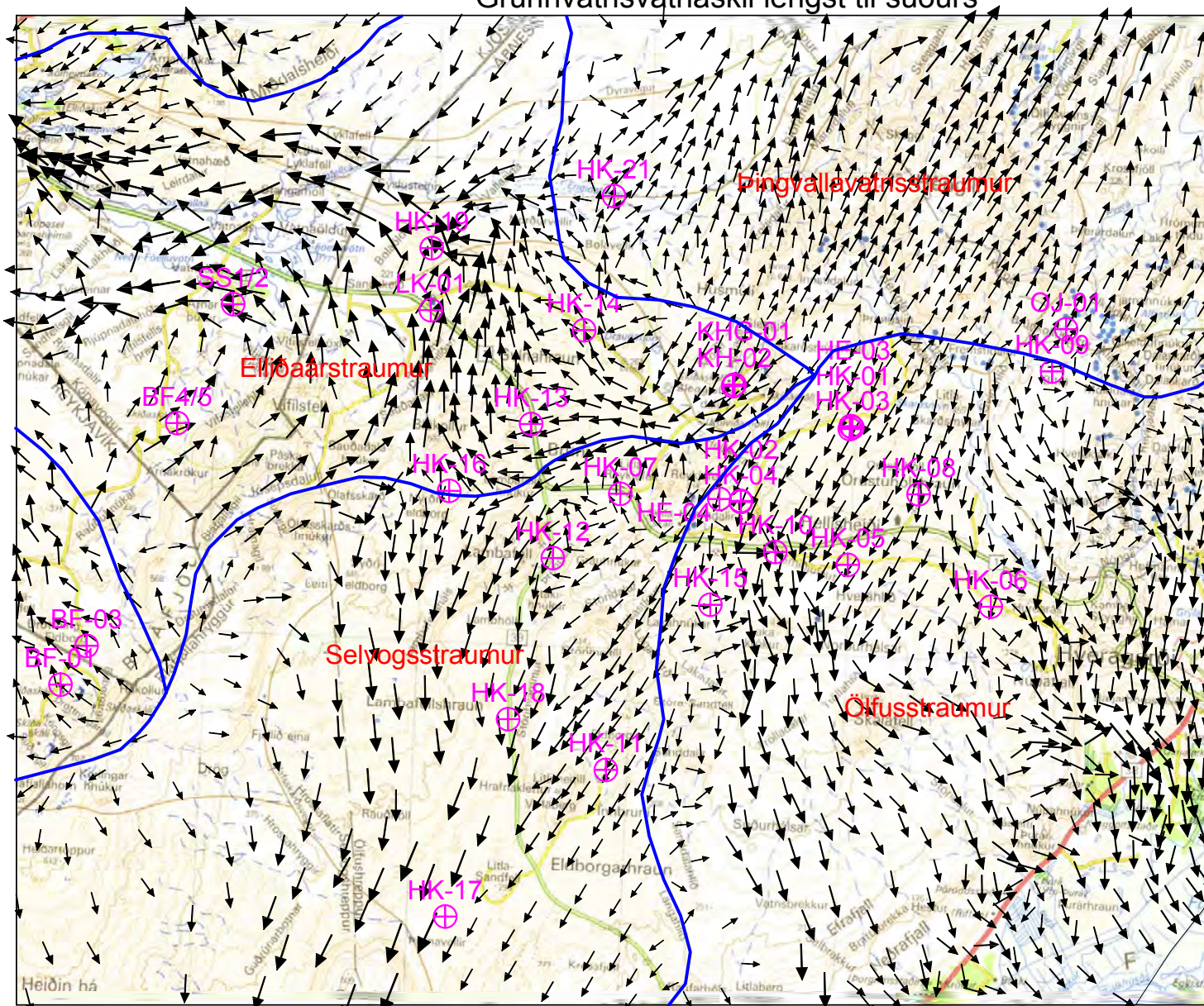


VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

Reiknað grunnvatnsrennsli á Hengilsvæði  
Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs

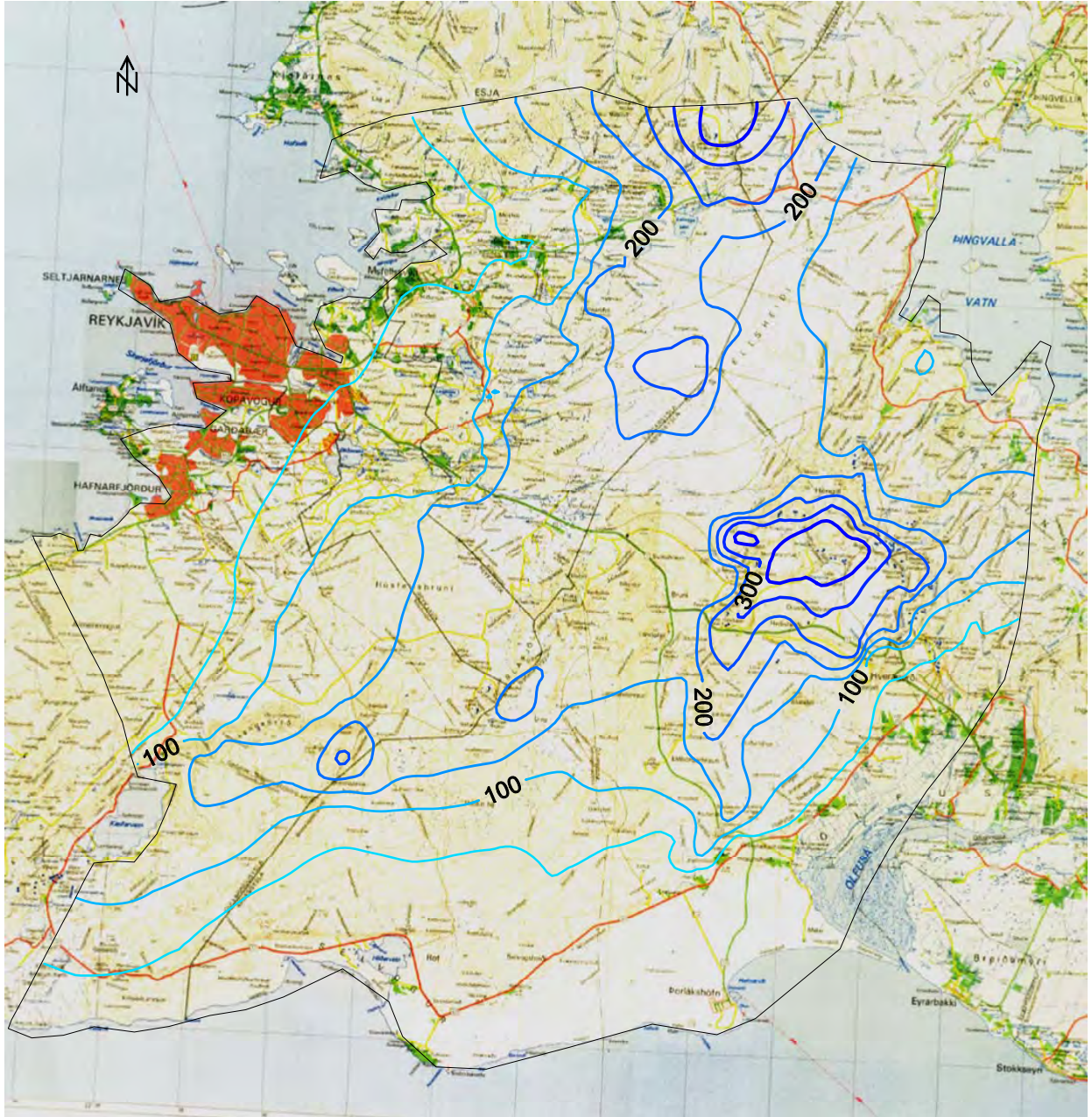


- ⊕ Borholur
- Grunnvatnsvatnaskil

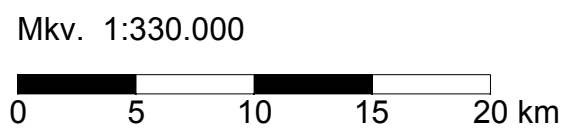
Mkv. 1:120.000  
0 2 4 km



Reiknuð grunnvatnshæð  
Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs

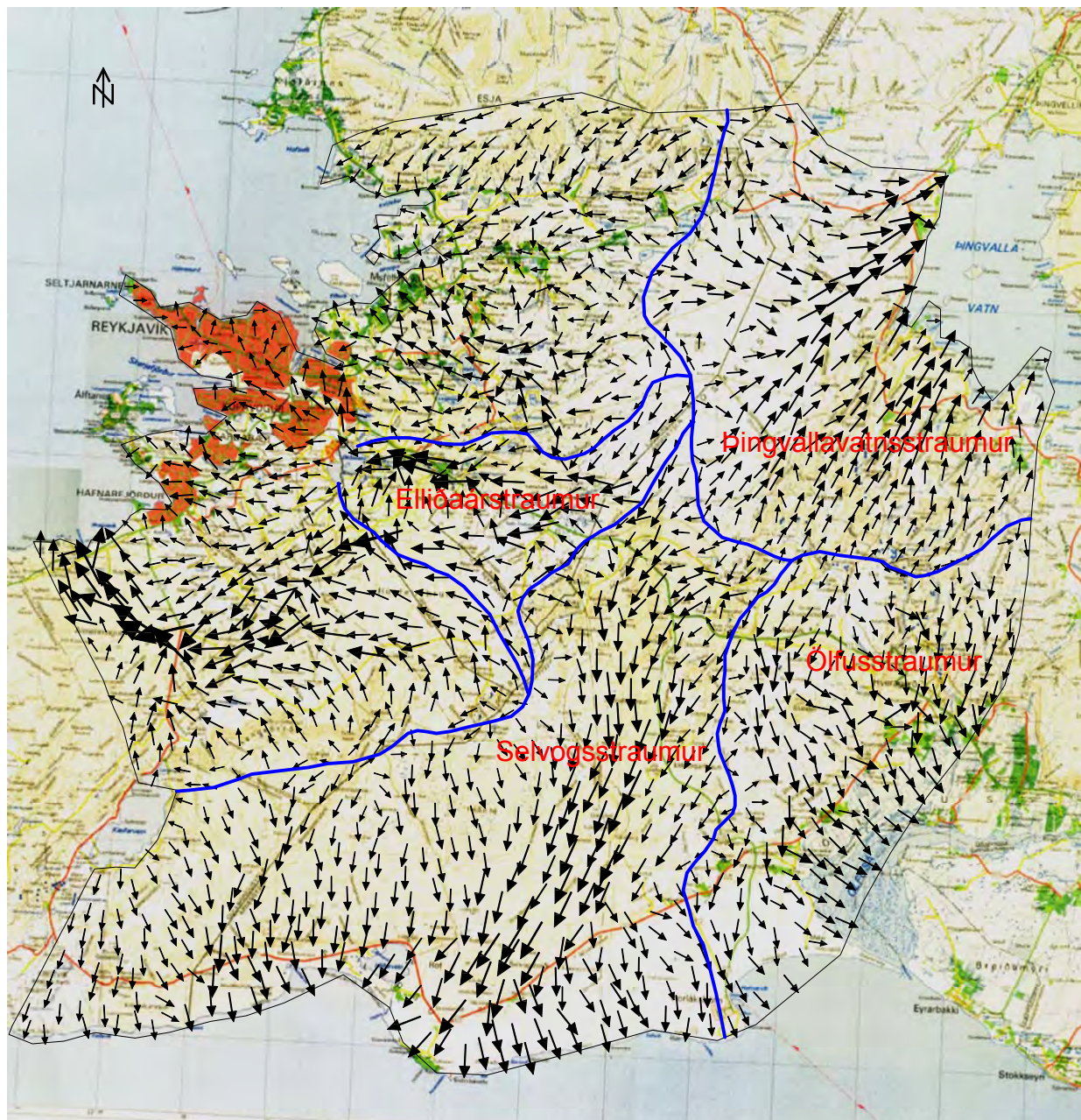


- Reiknuð grunnvatnshæð, m y.s.
- Líkansvæði

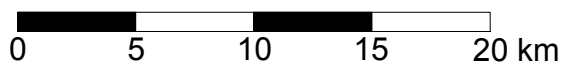




Reiknað grunnvatnsrennsli  
Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs



Mkv. 1:330.000



— Likansvæði

— Grunnvatnsvatnaskil

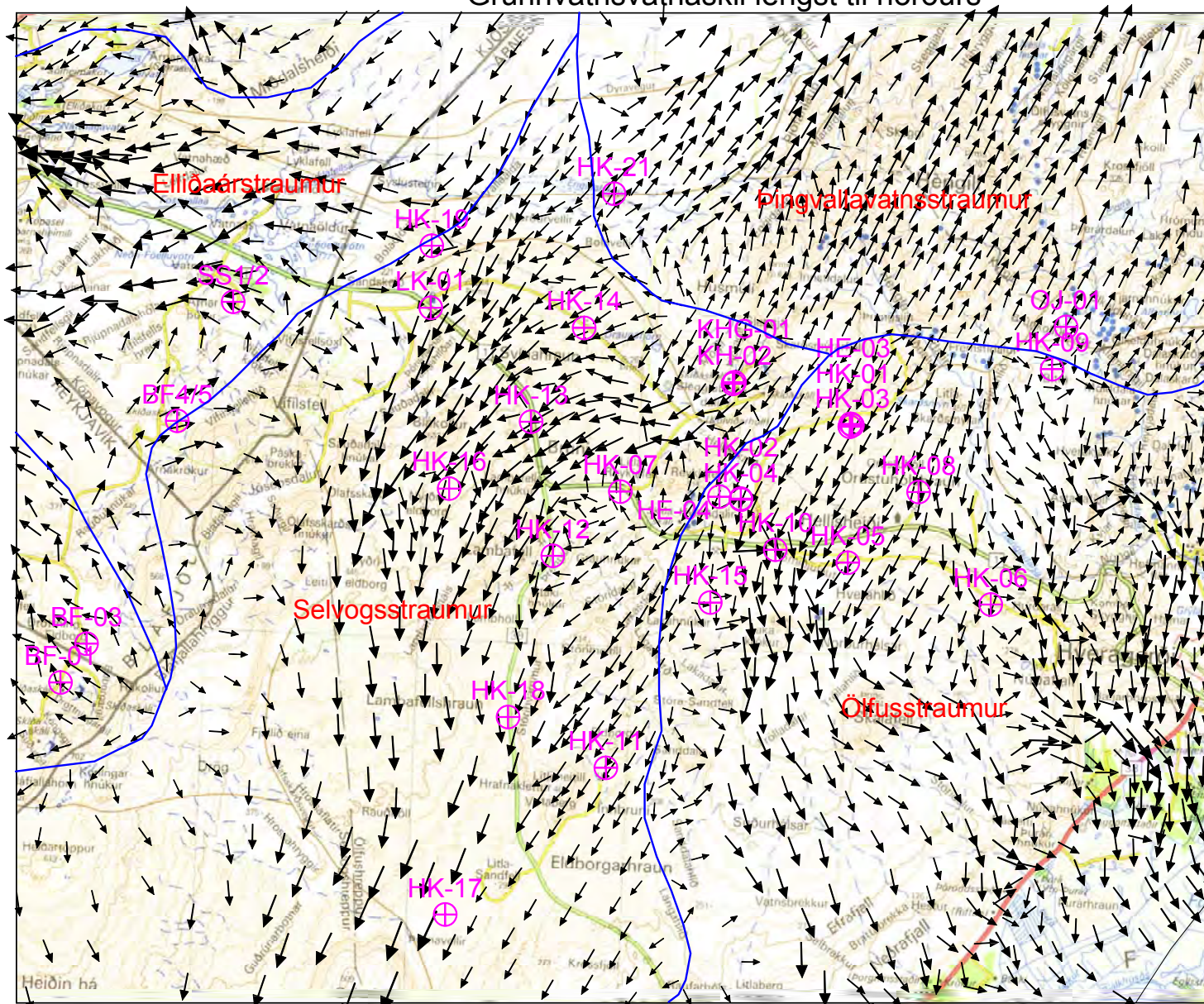


VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

Reiknað grunnvatnsrennsli á Hengilsvæði  
Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs



- ⊕ Borholur
- Grunnvatnsvatnaskil

Mkv. 1:120.000  
0 2 4 km

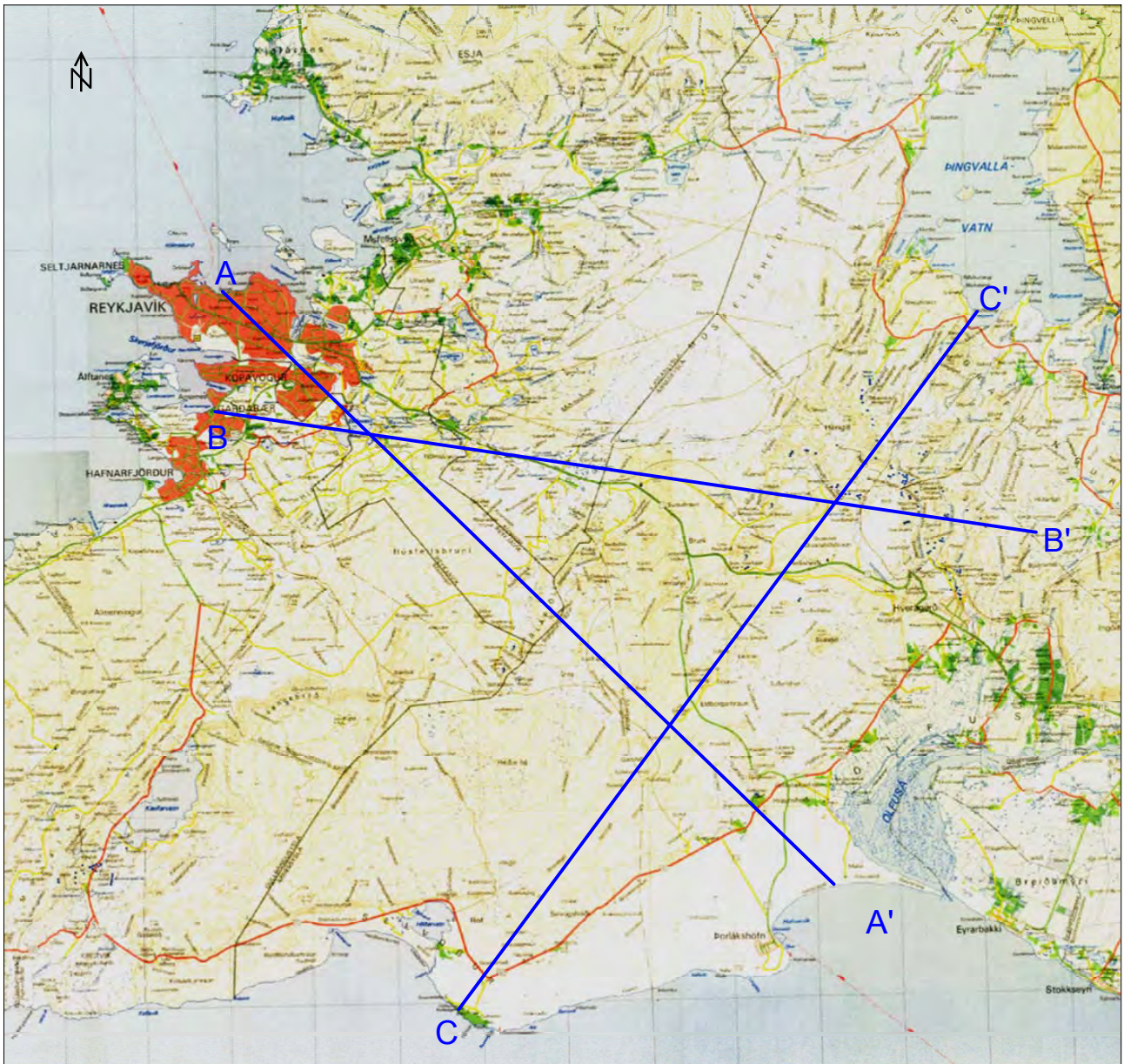


VATNASKIL

HENGILL

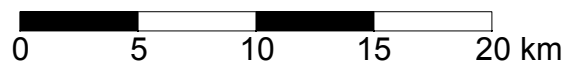
ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

### Staðsetning grunnvatnsþversniða

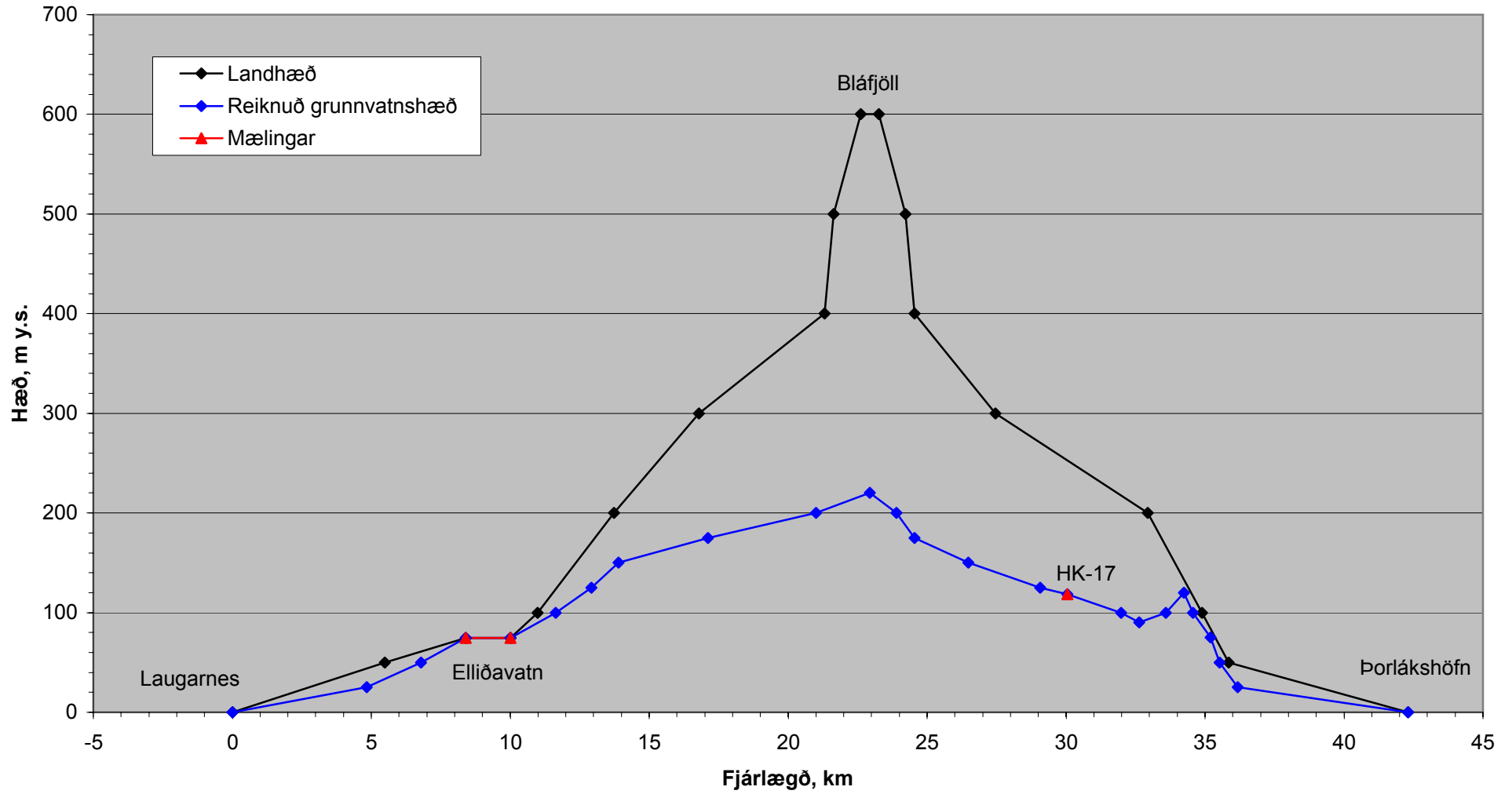


— / — Þversniða

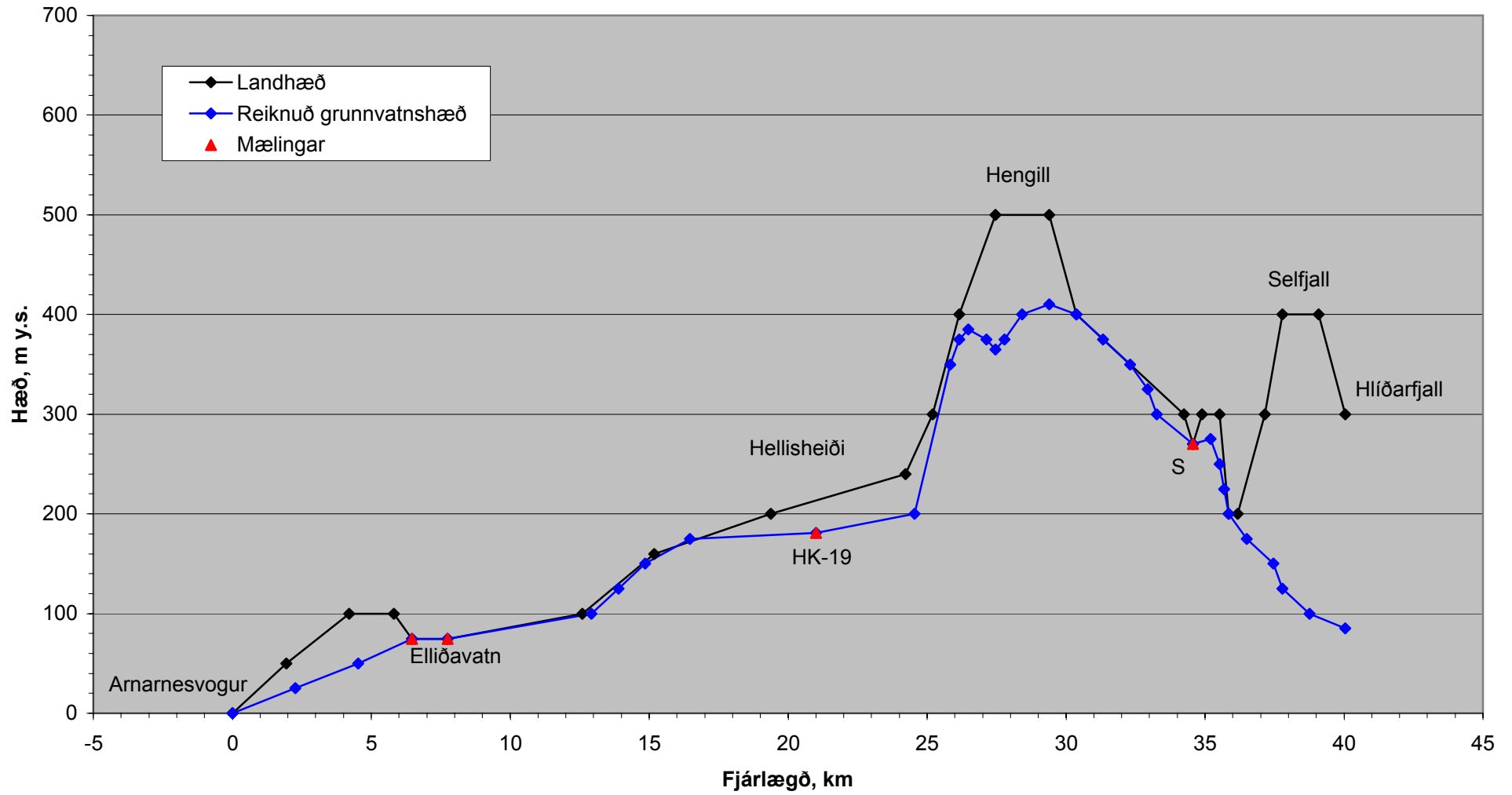
Mkv. 1:330.000



**Þversnið A - A'**  
**Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs**

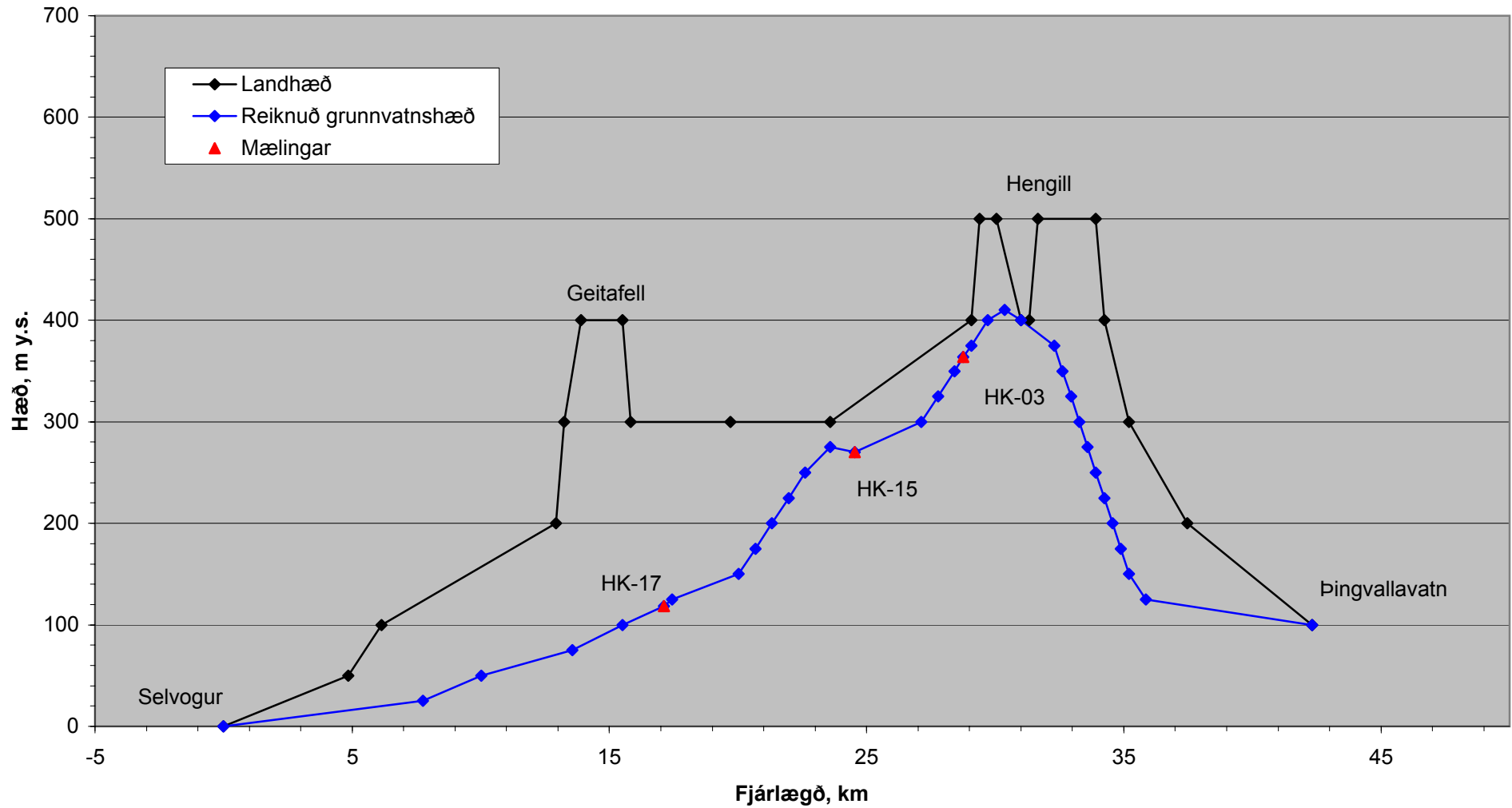


**Þversnið B - B'**  
**Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs**

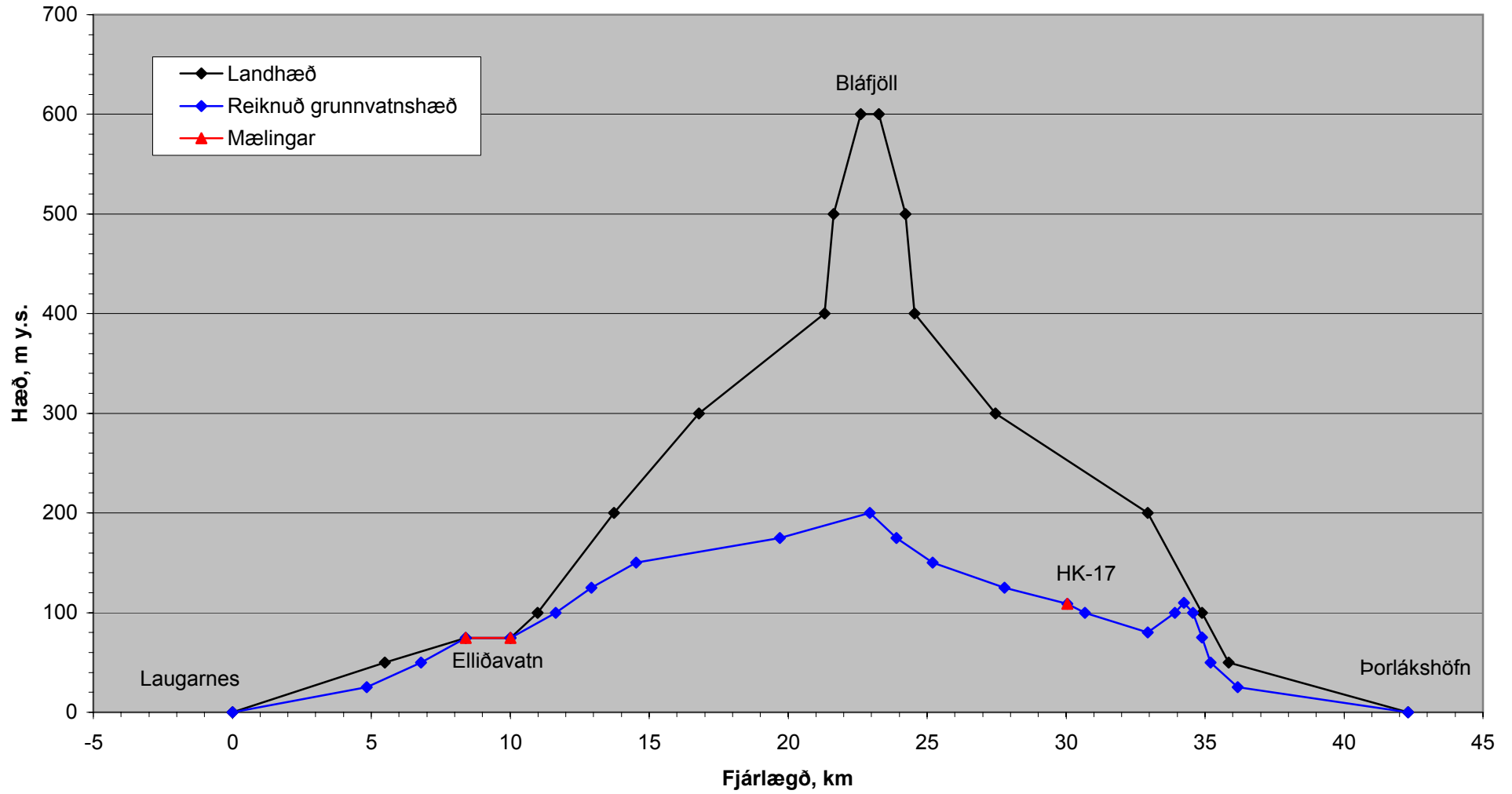




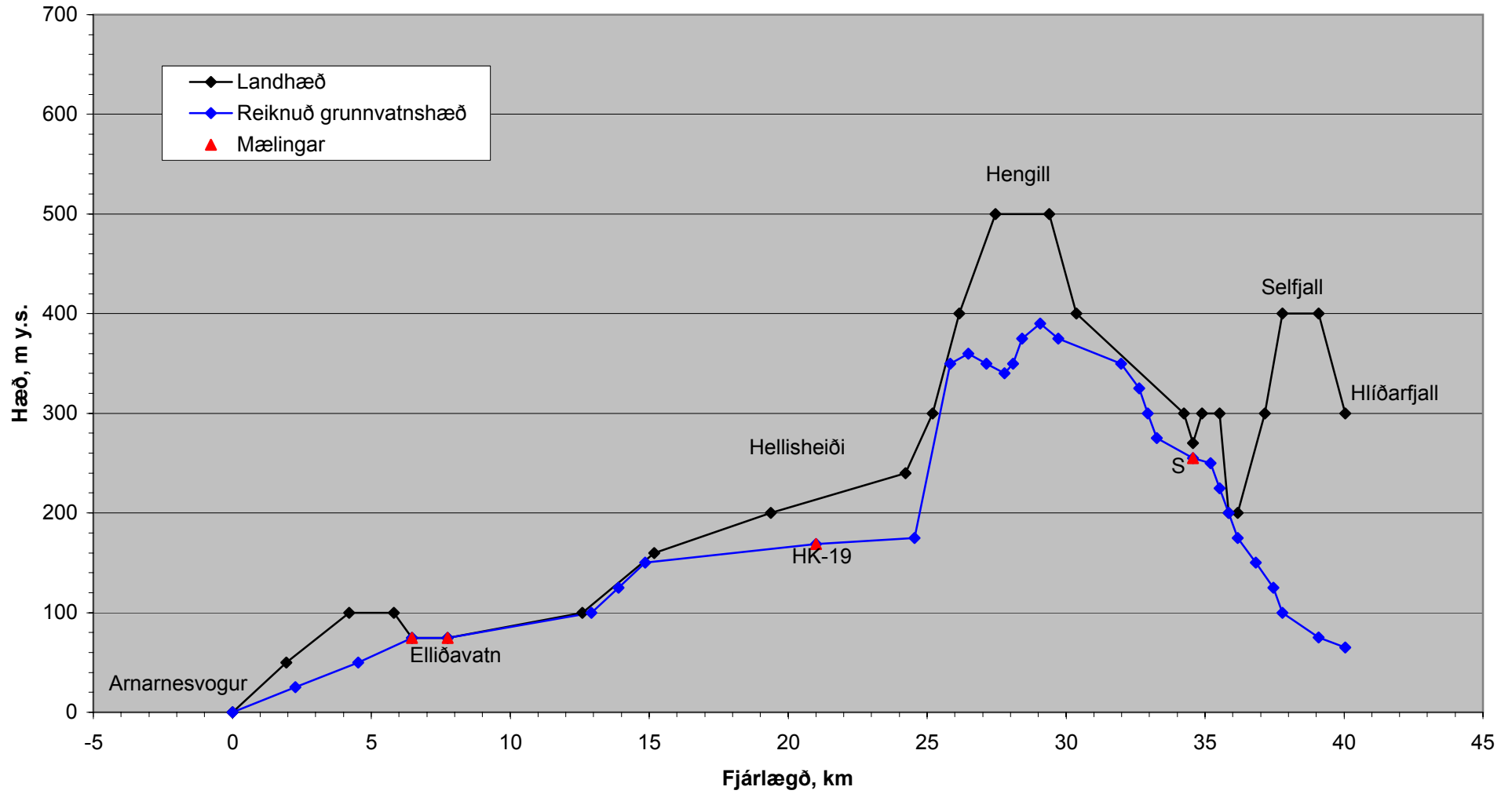
**Þversnið C - C'**  
**Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs**



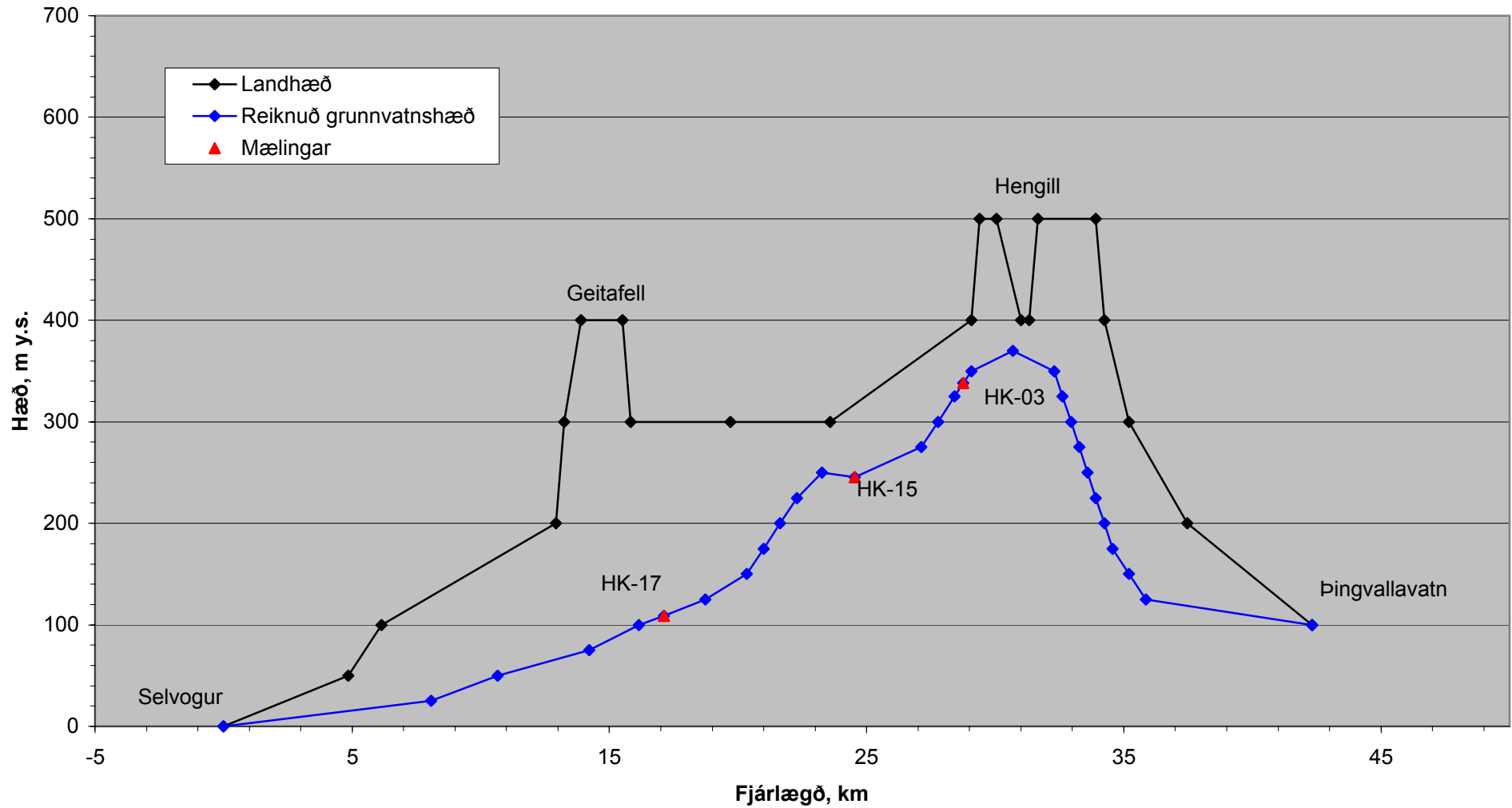
**Þversnið A - A'**  
**Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs**



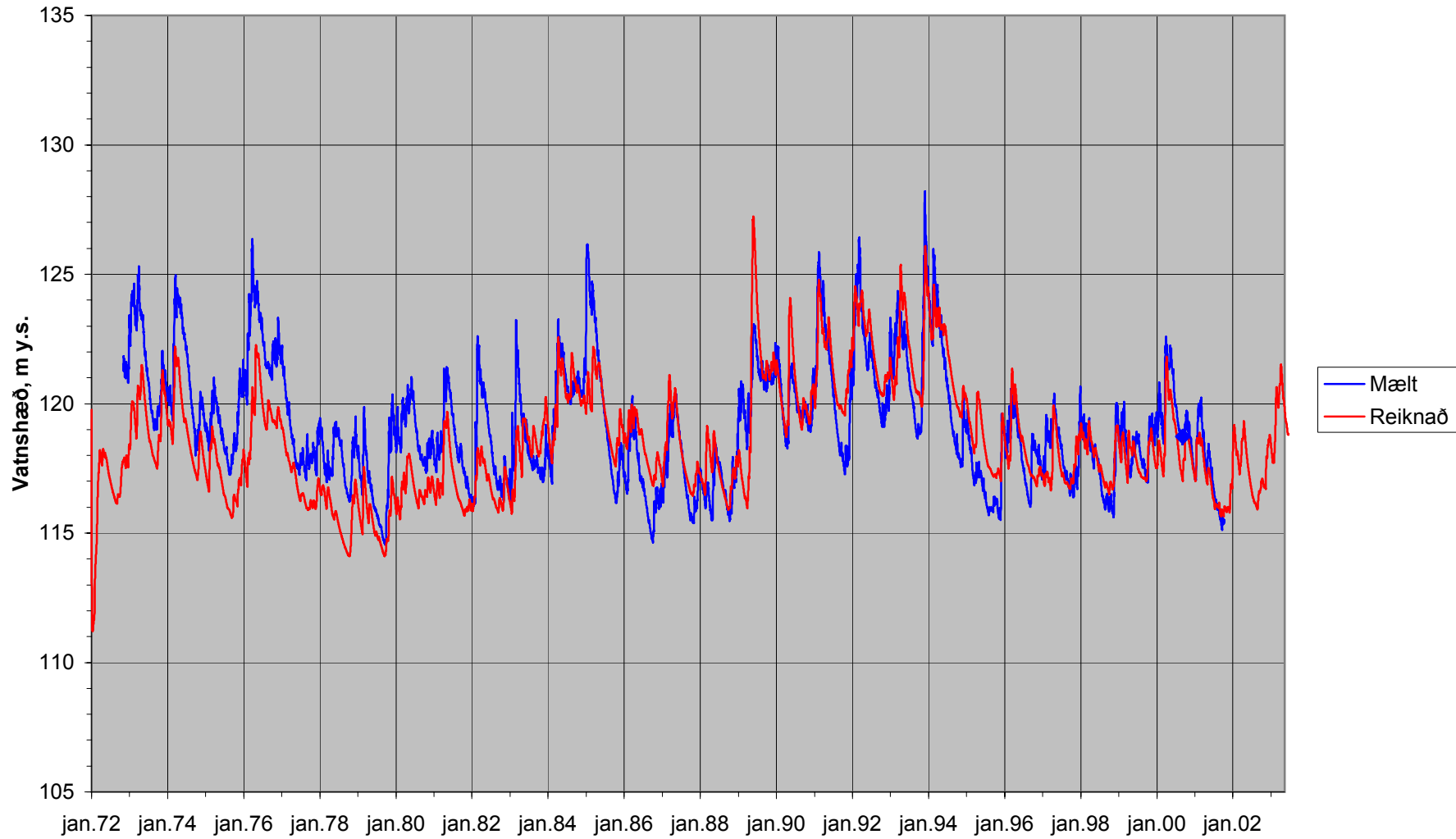
**Þversnið B - B'**  
**Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs**



**Þversnið C - C'**  
**Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs**

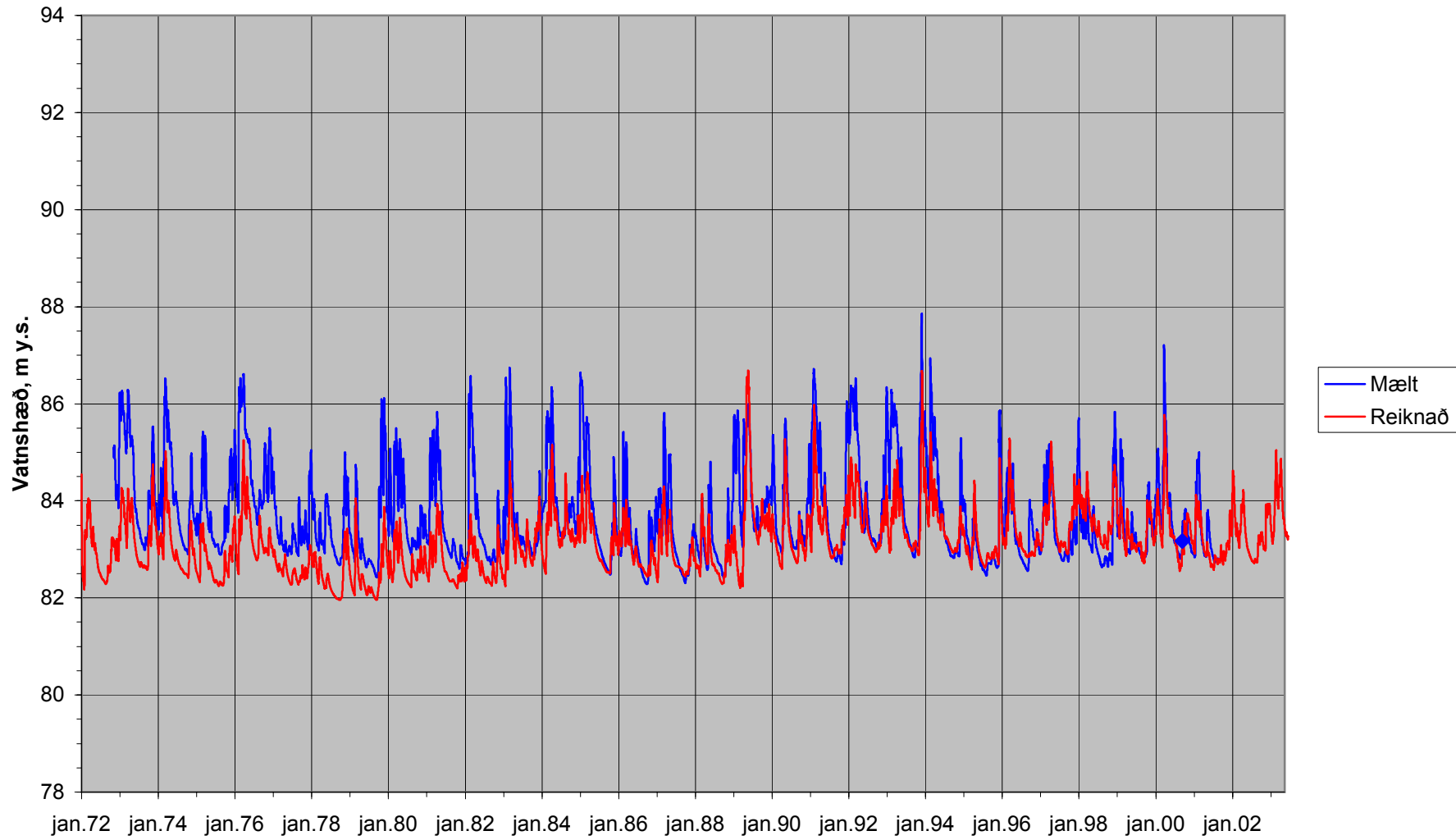


Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu vhm189

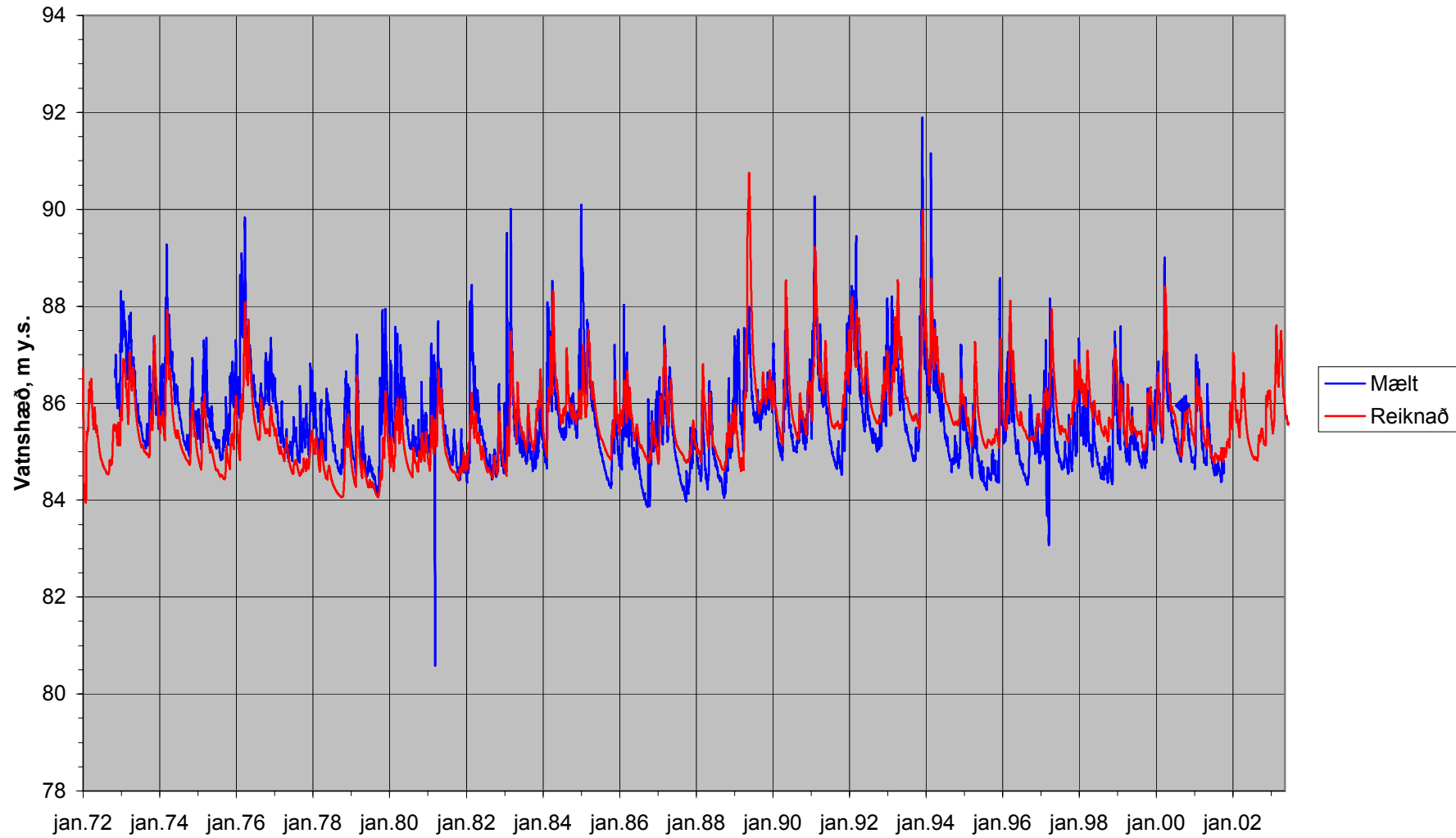




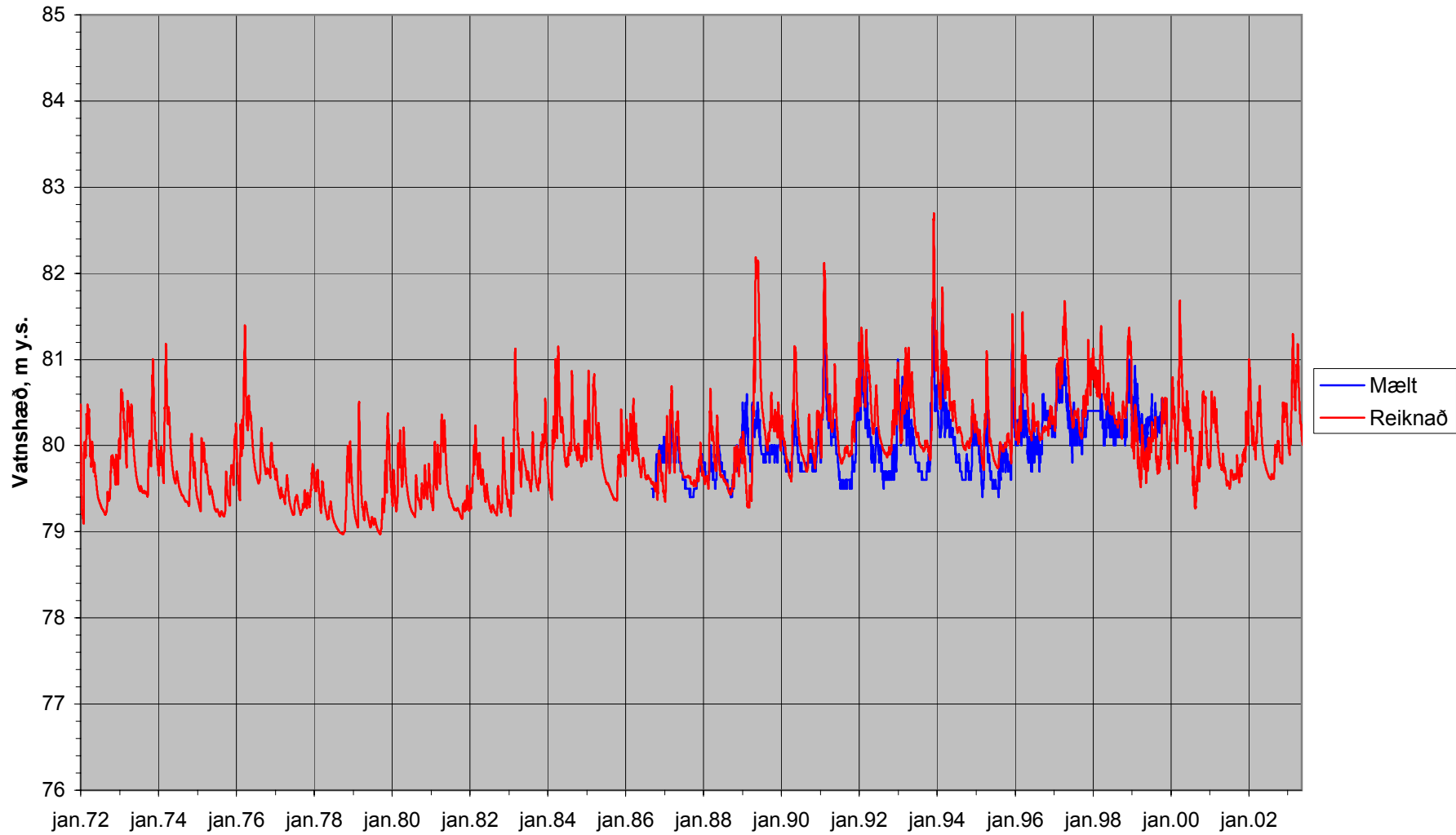
## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu vhm188



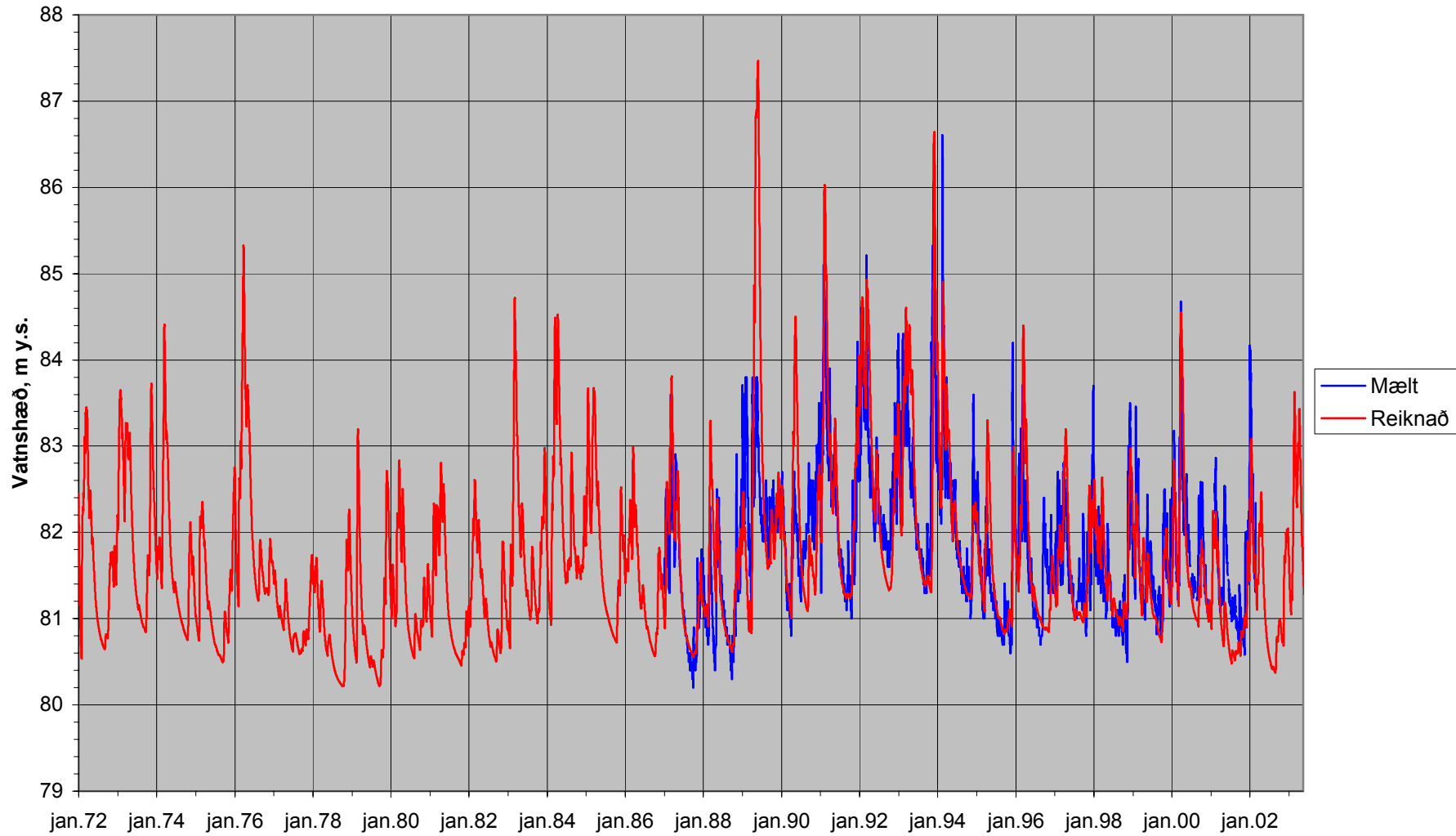
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu vhm187



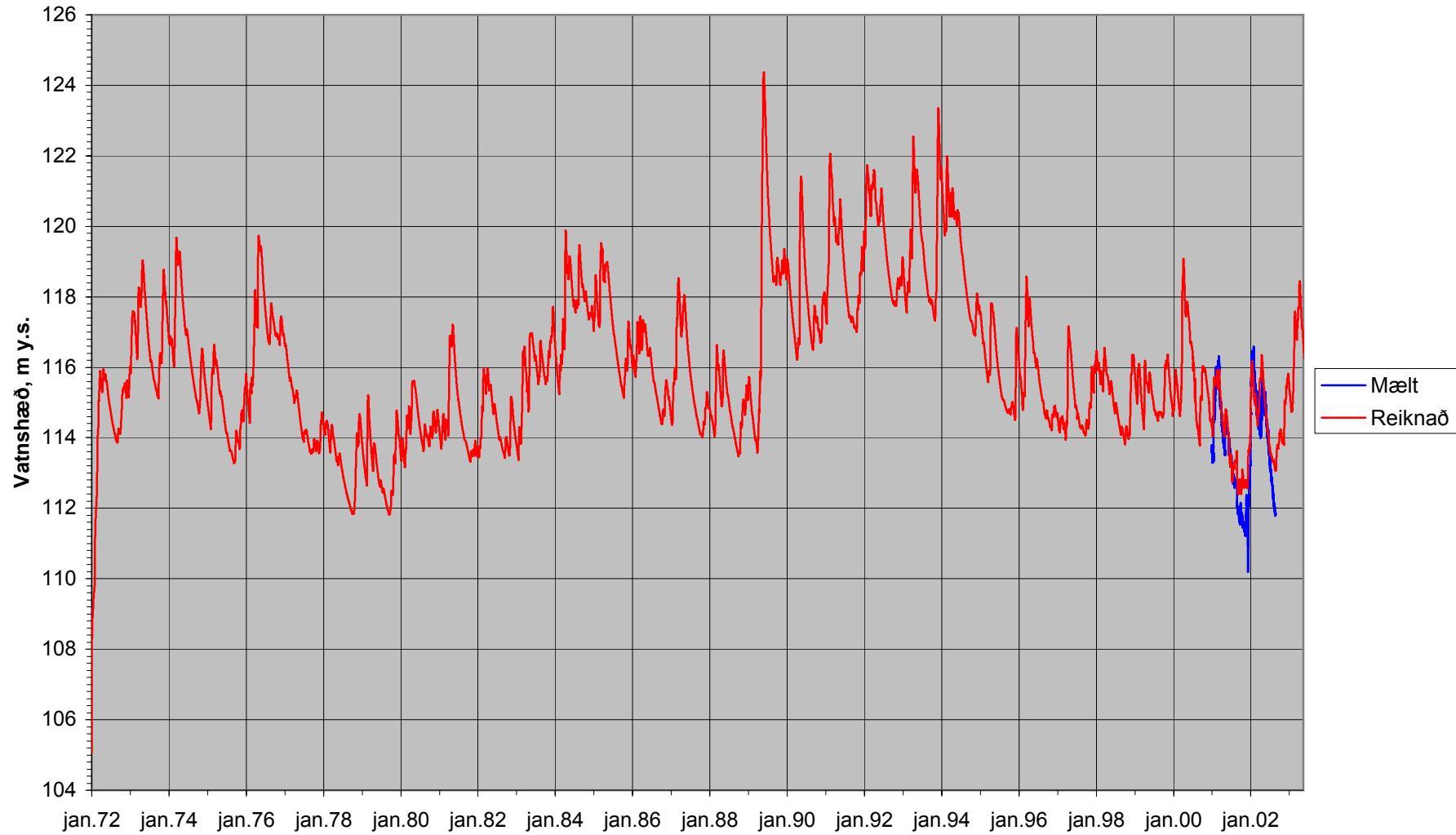
## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu V-7



Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu V-18

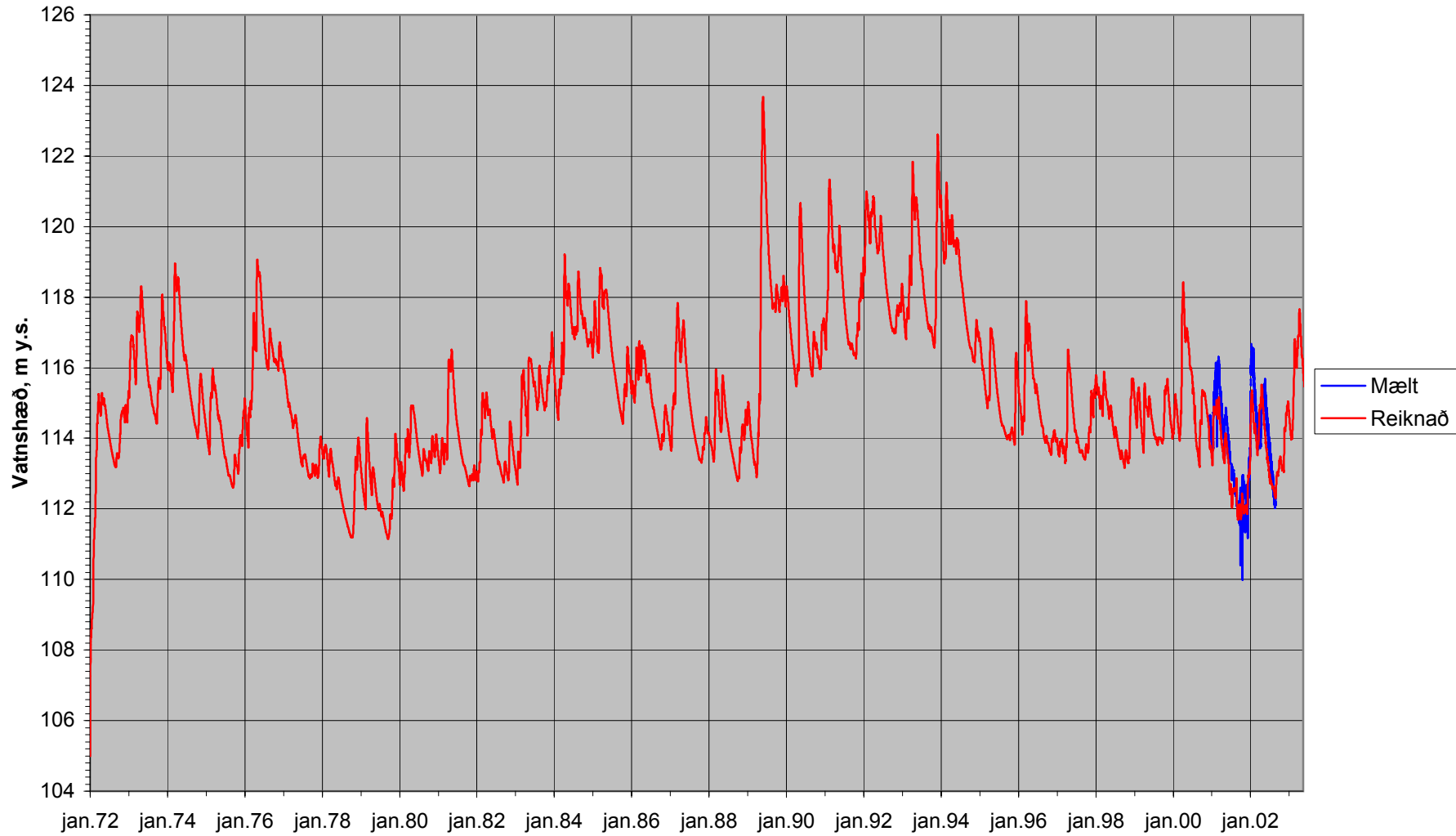


Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu VK-1

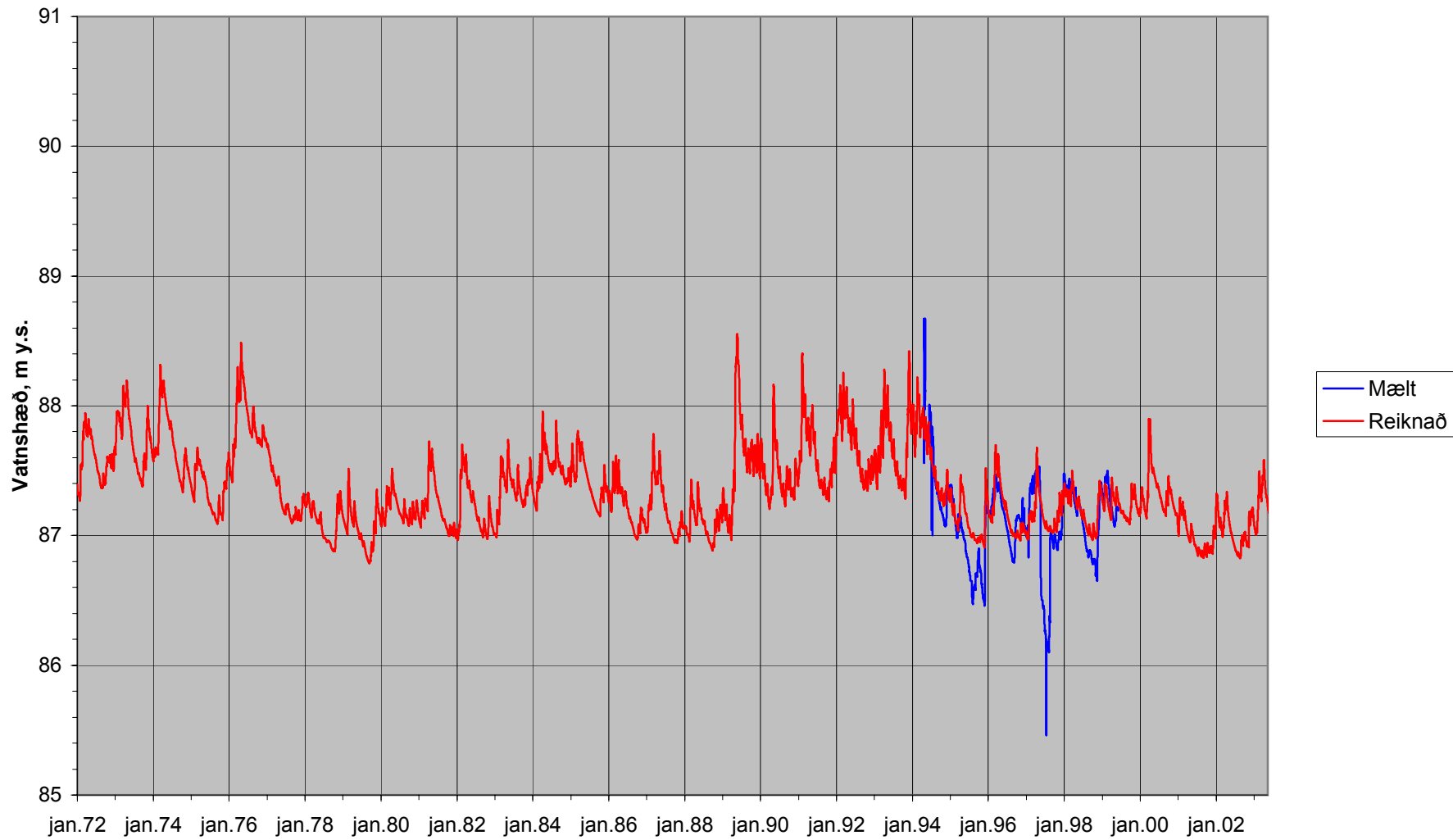




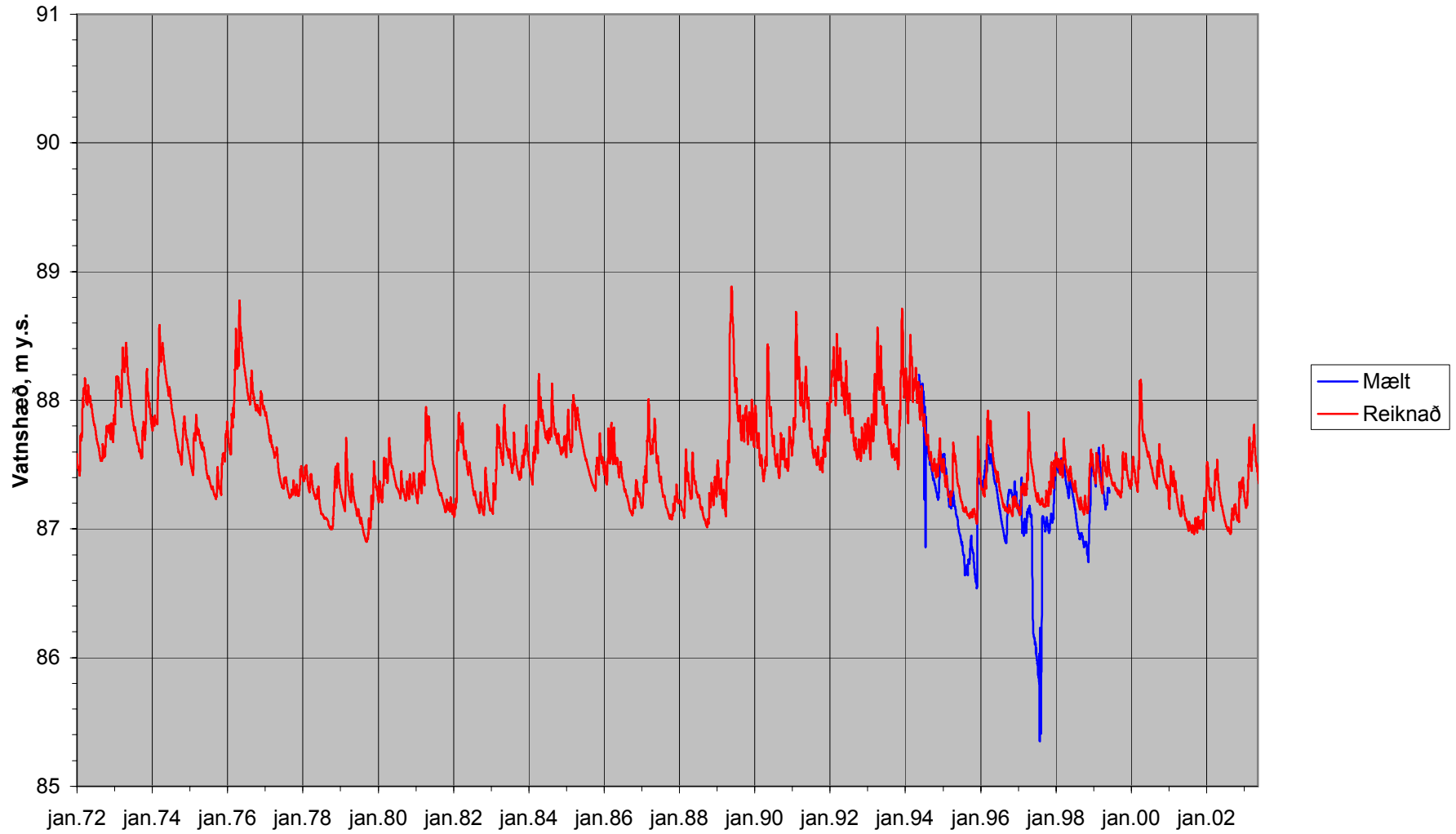
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu VK-5



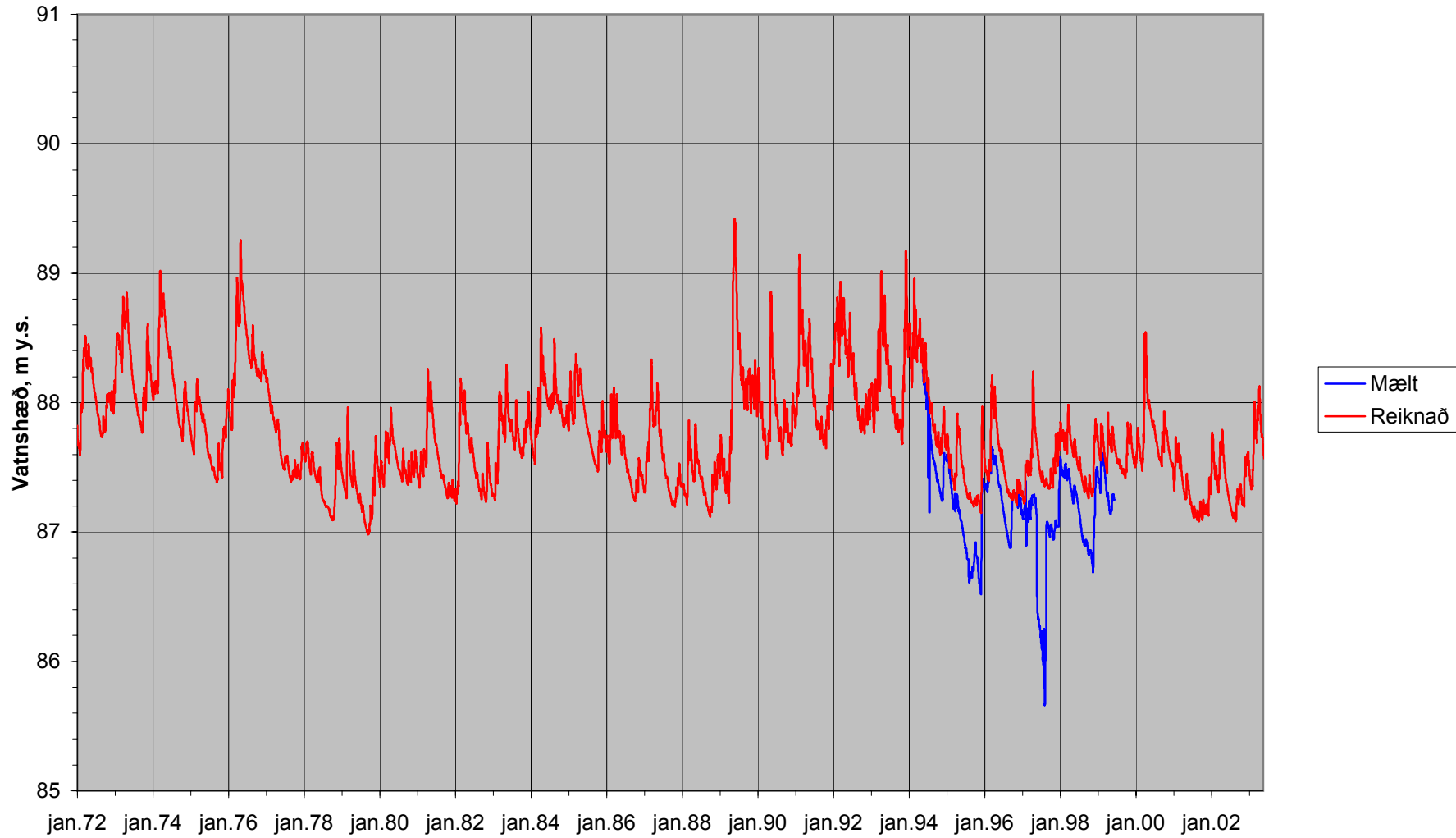
## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu Va



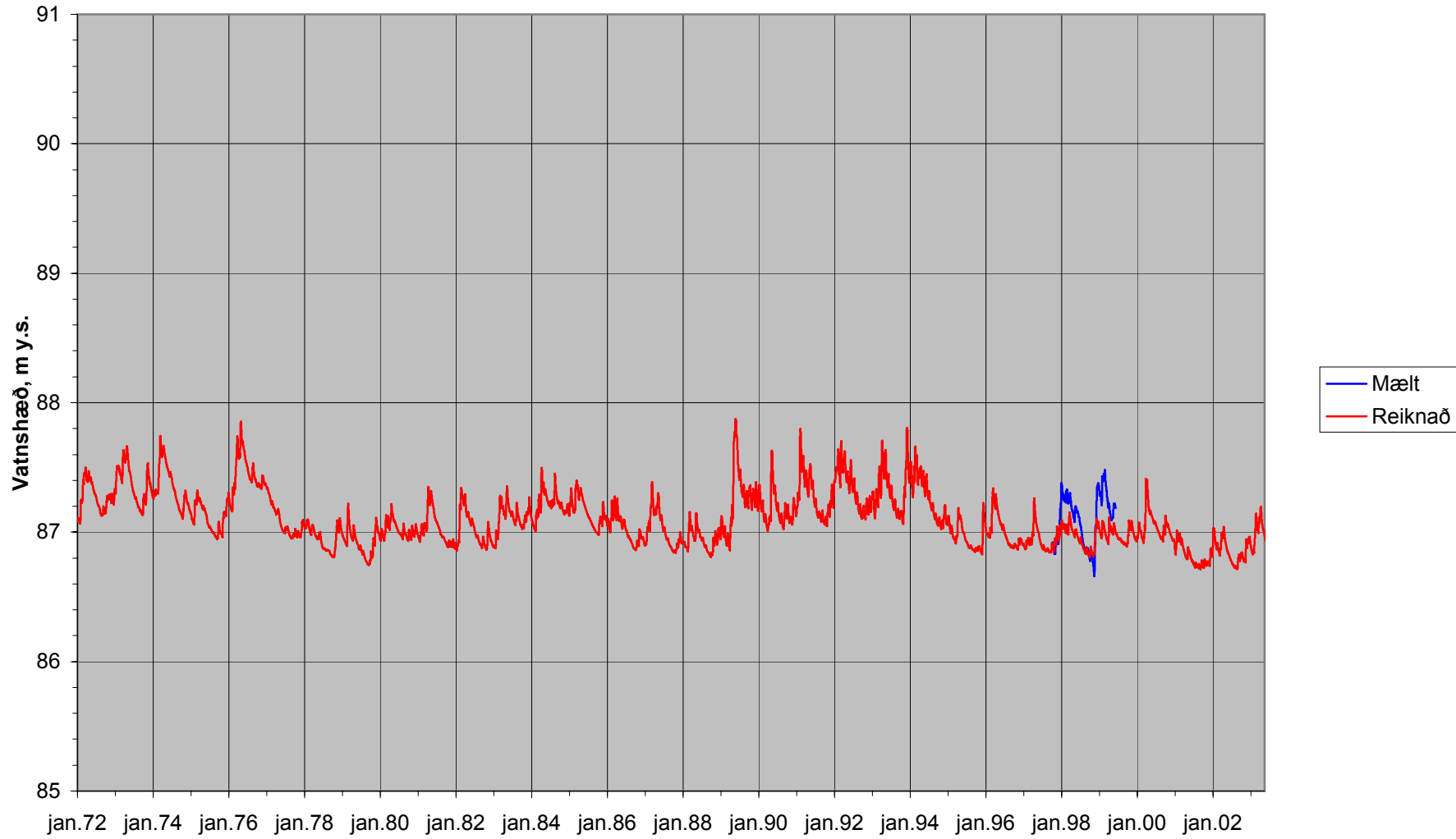
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu Vb



## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu Vd

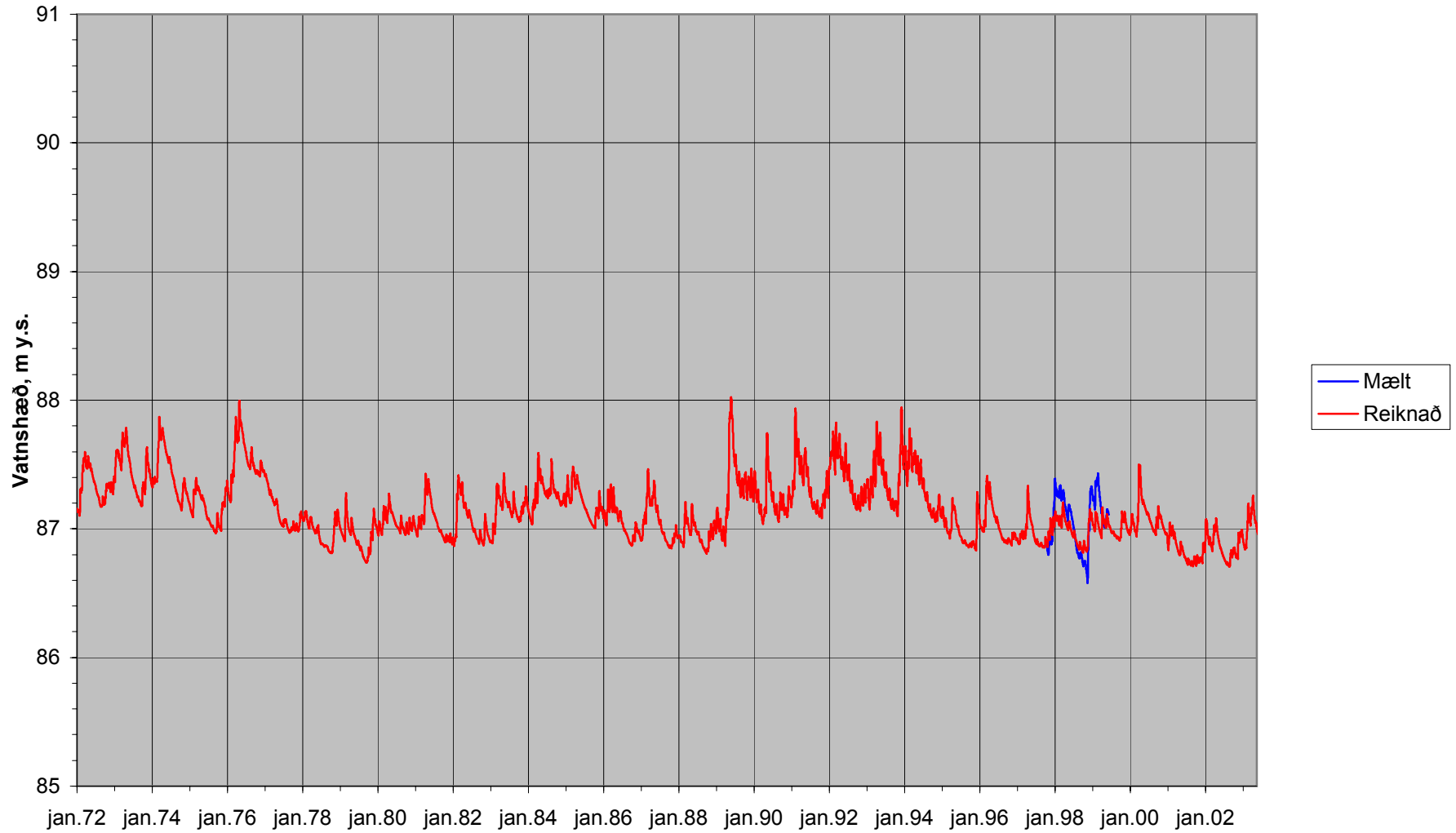


## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu L1

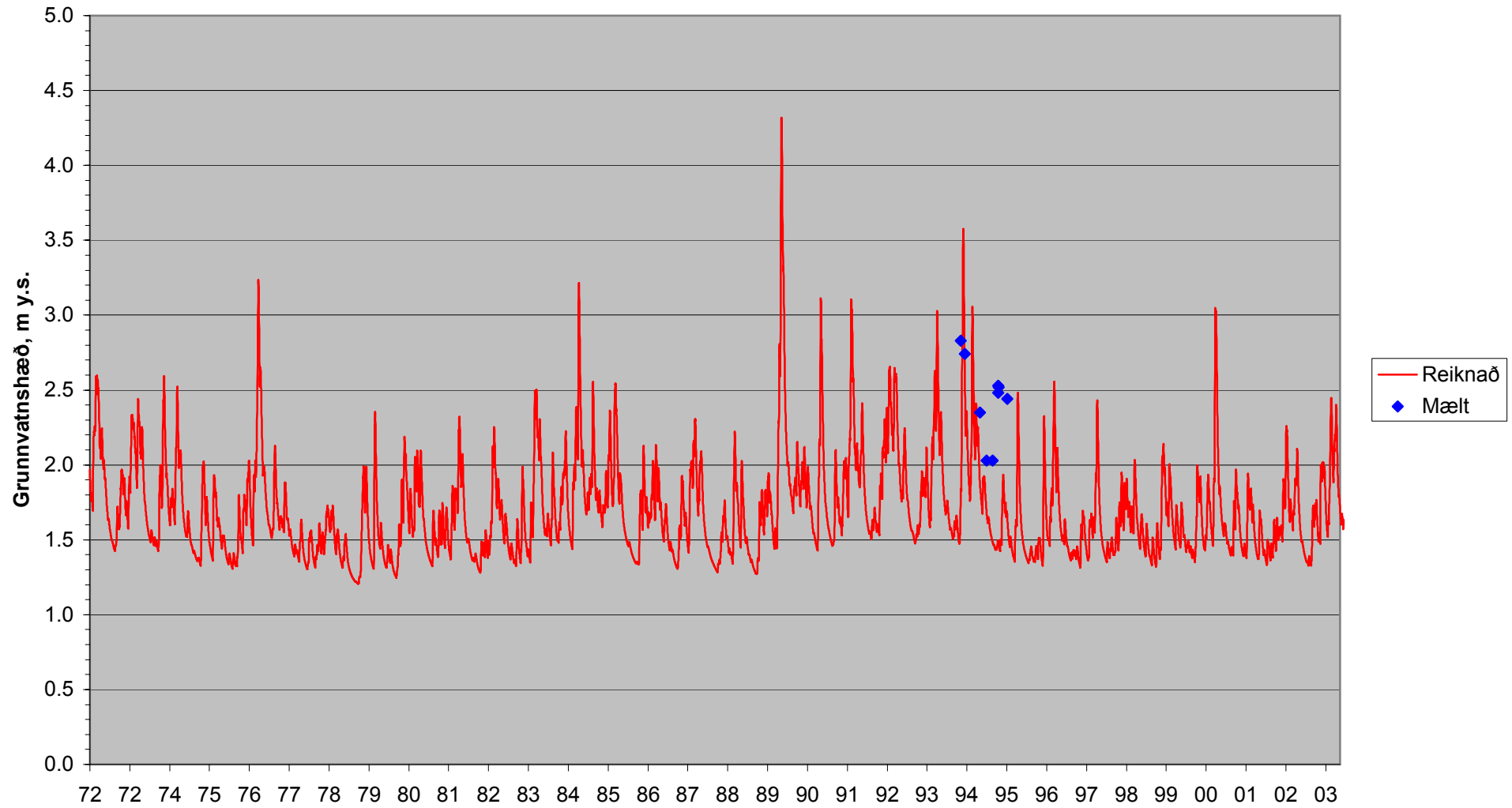




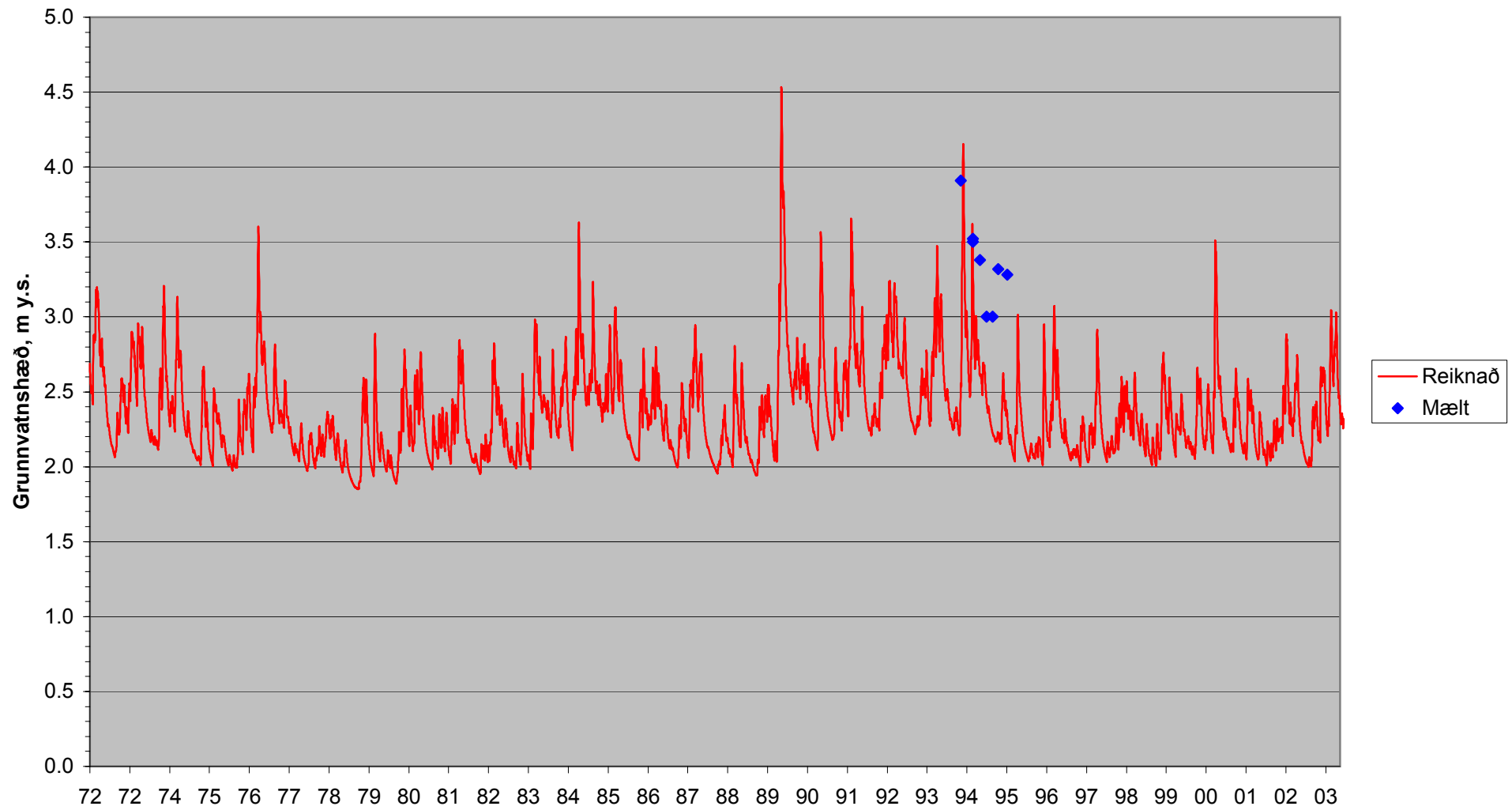
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í holu L2



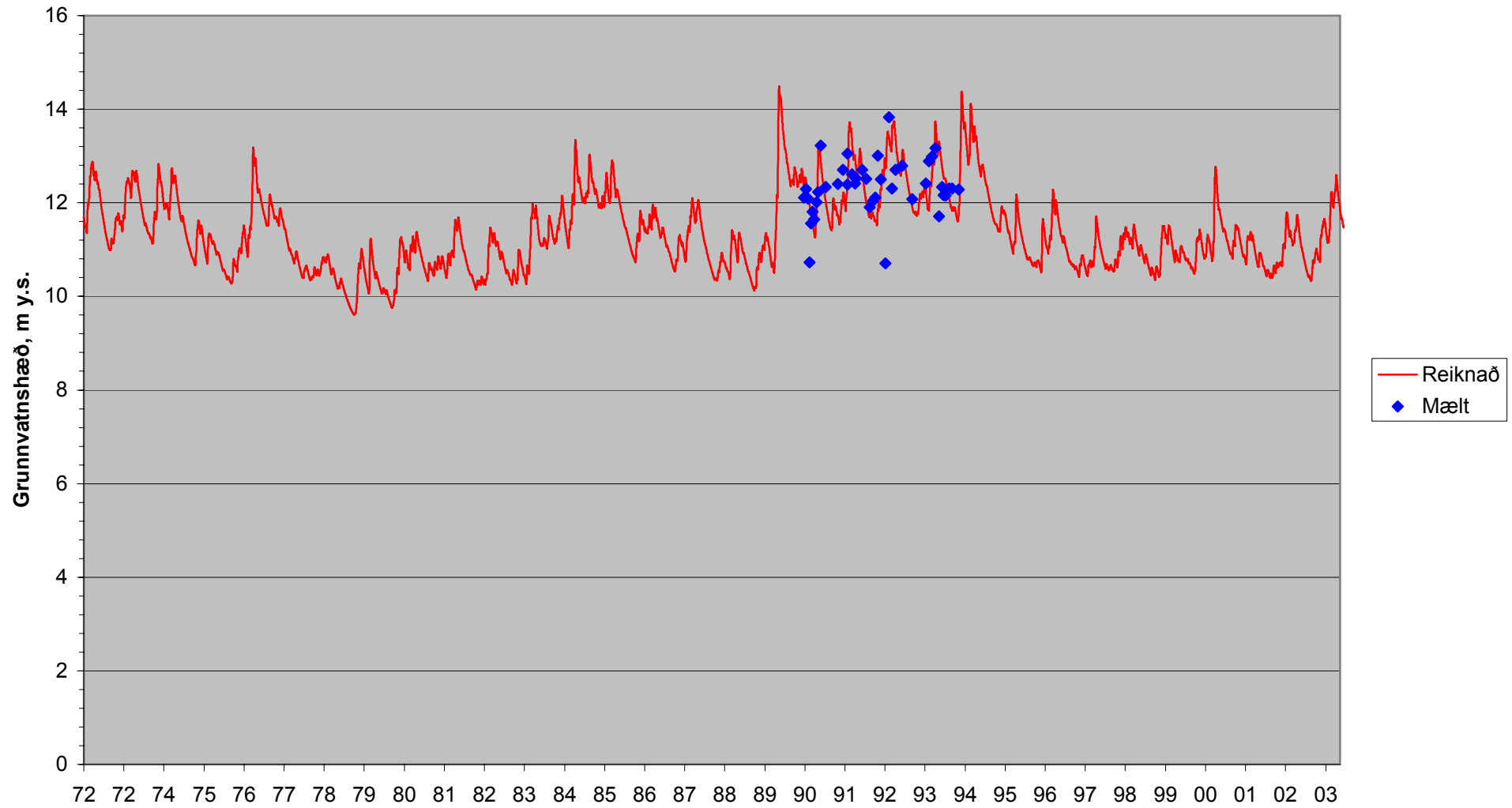
## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í VA-01



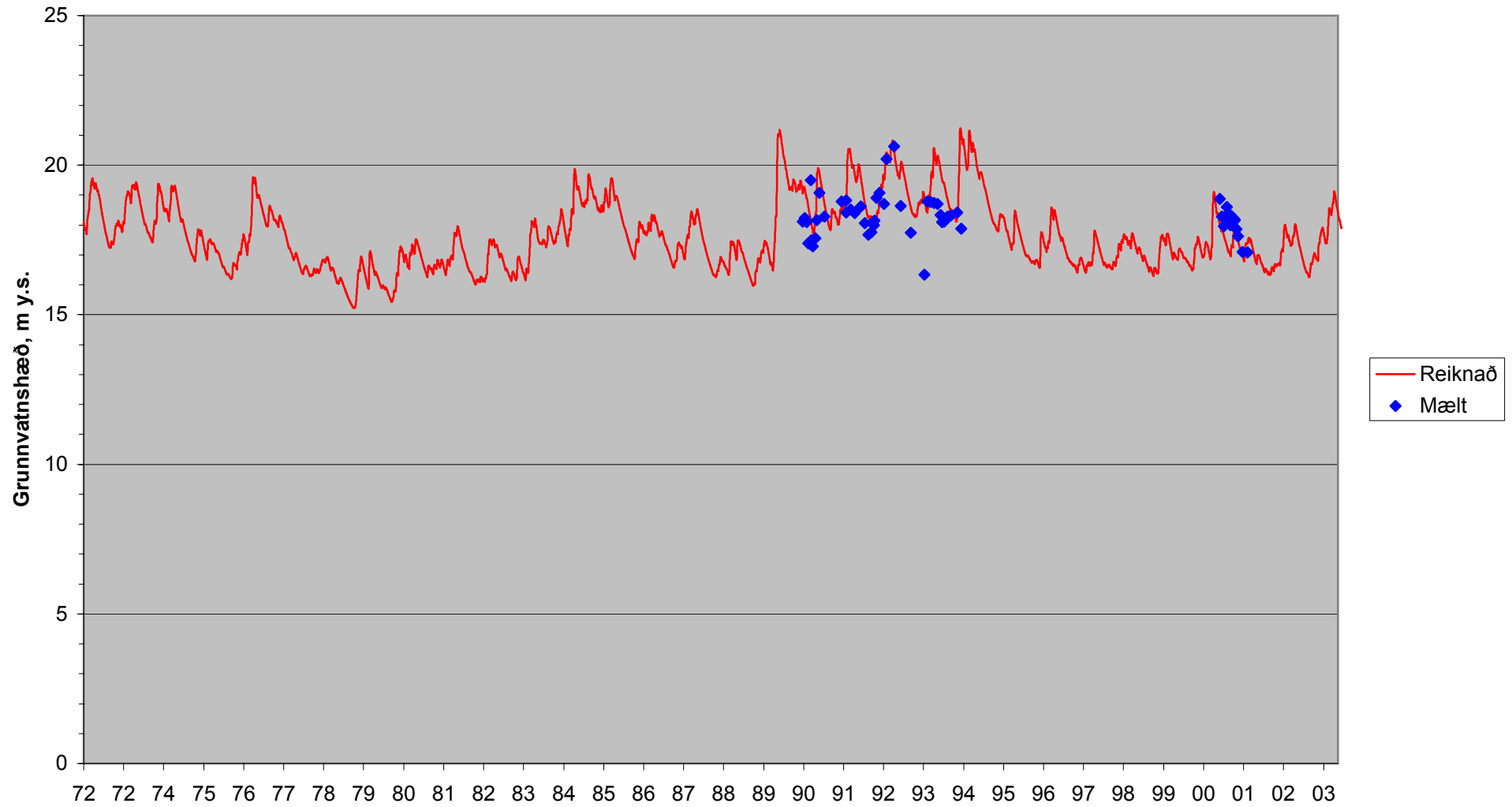
## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í VA-03



## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-01

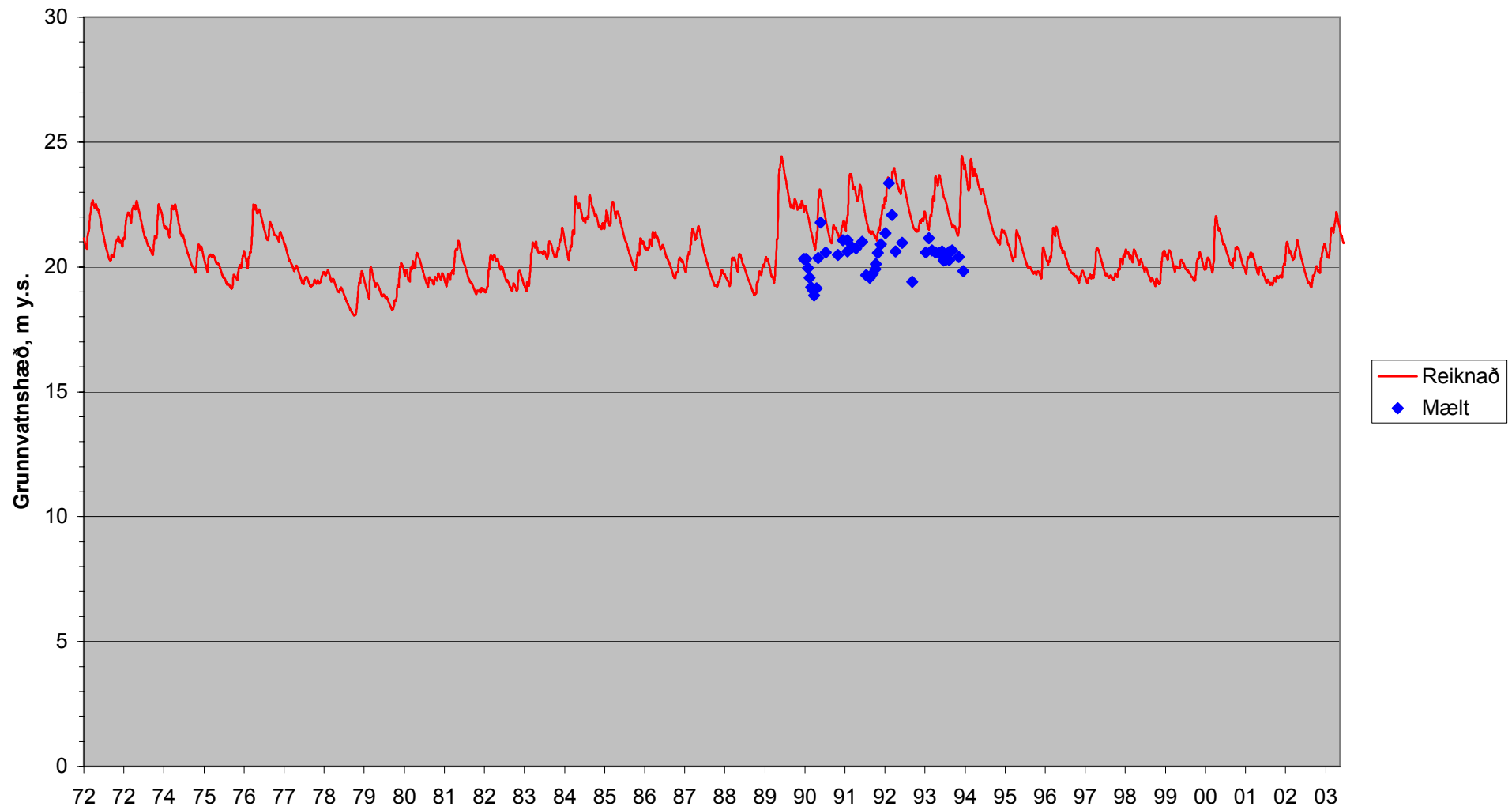


Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-02

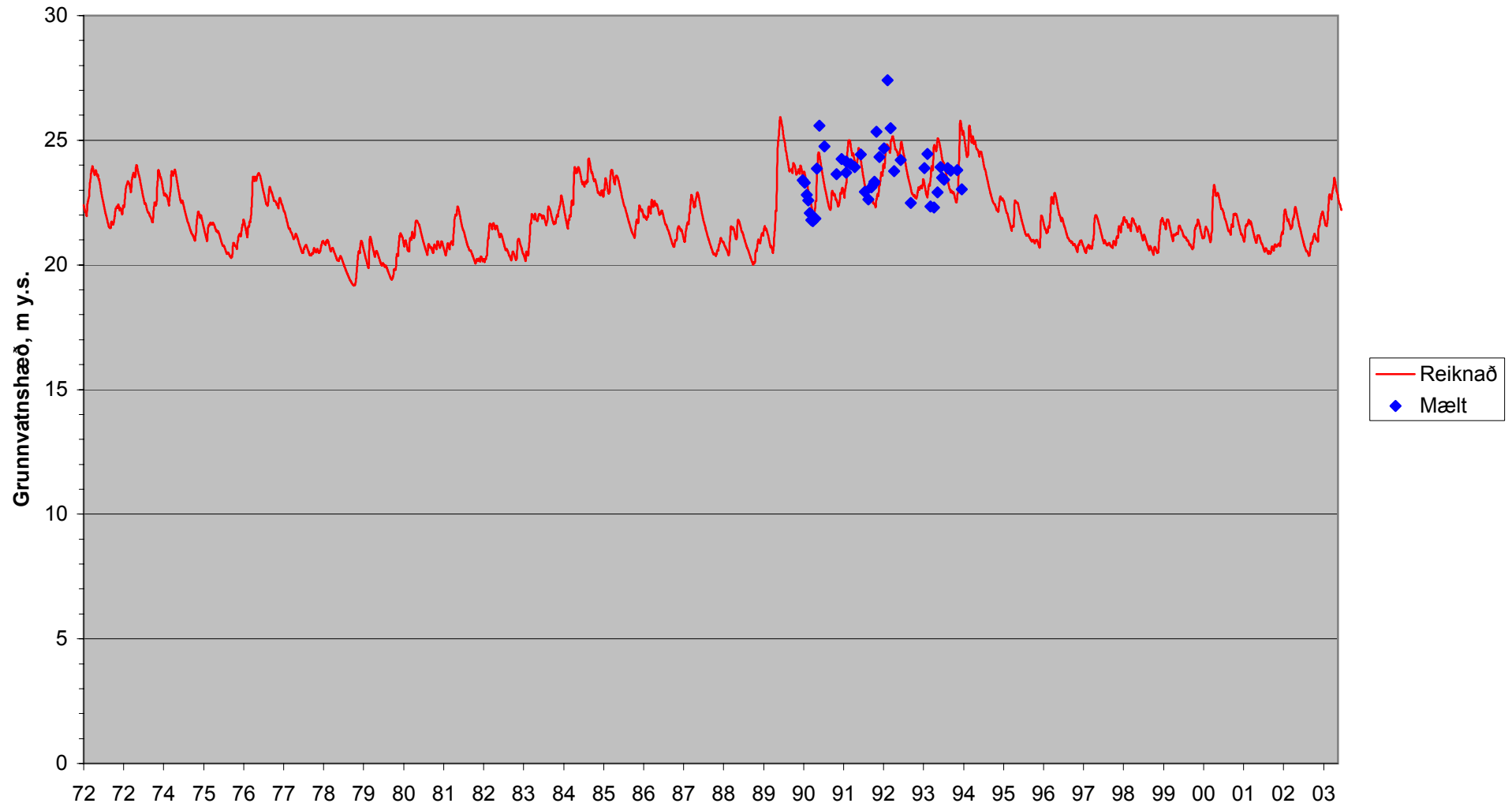




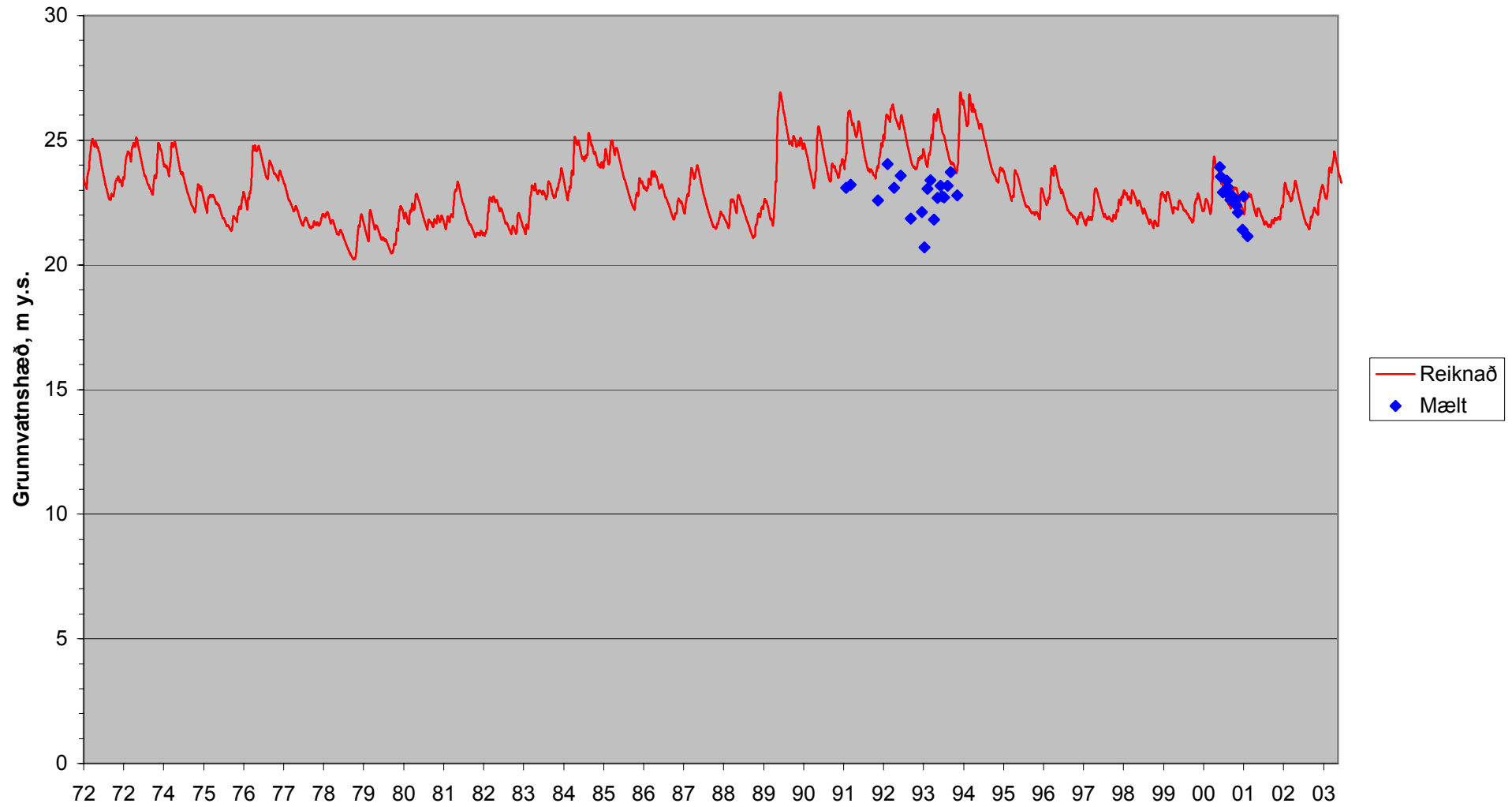
## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-03



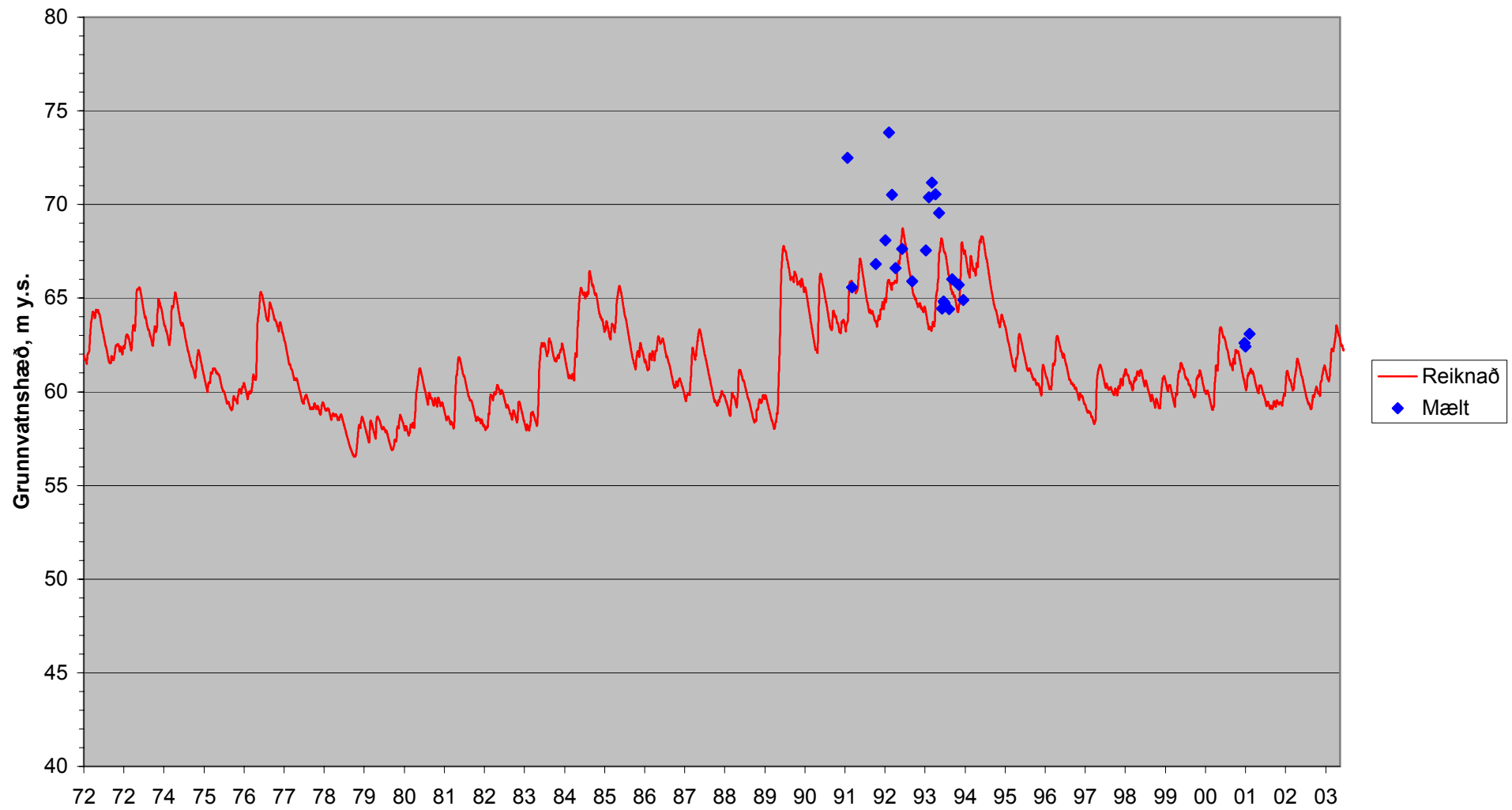
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-04



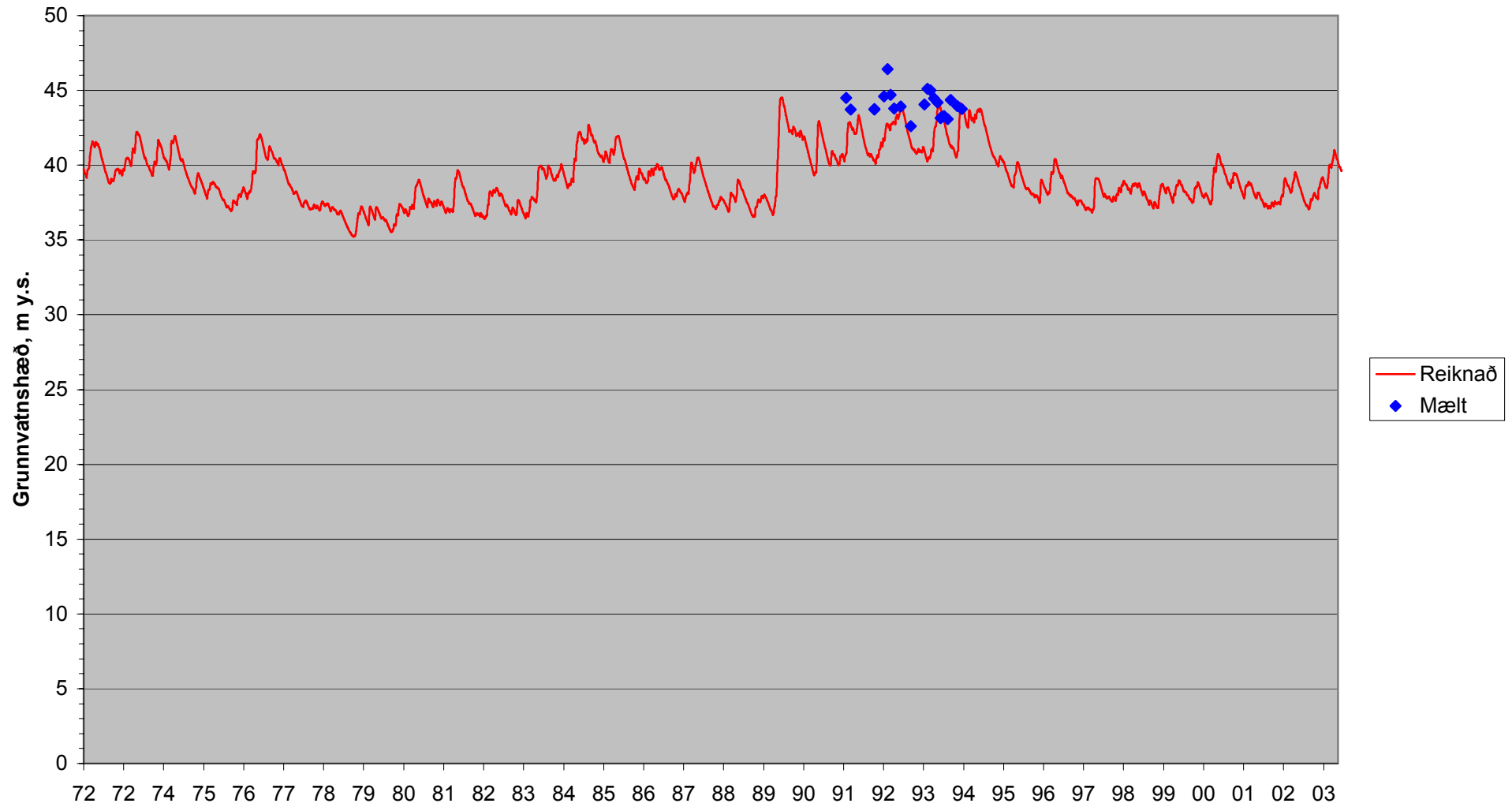
Mæld og reiknað grunnvatnshæð í BPH-06



Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-07

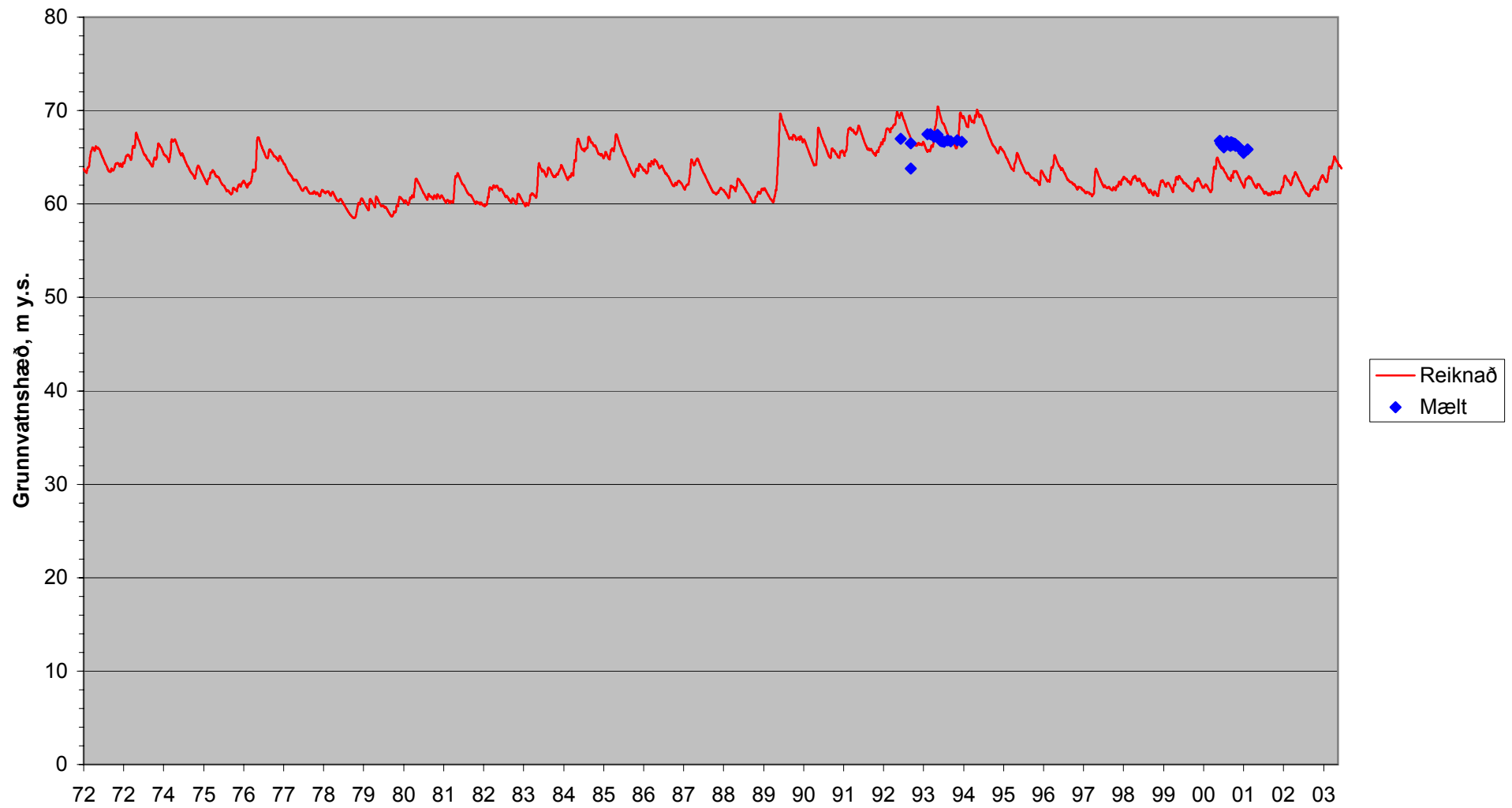


Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-08

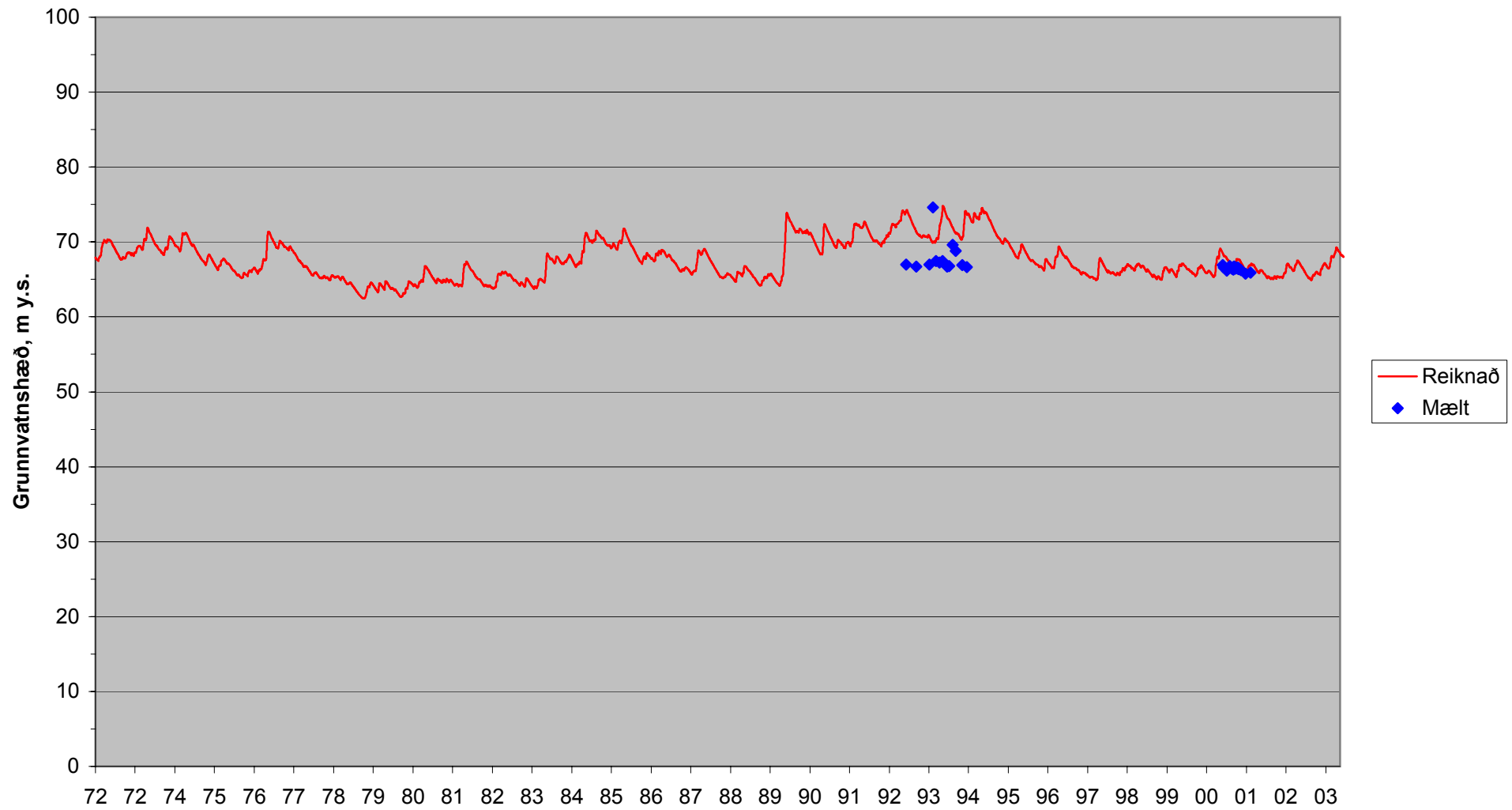




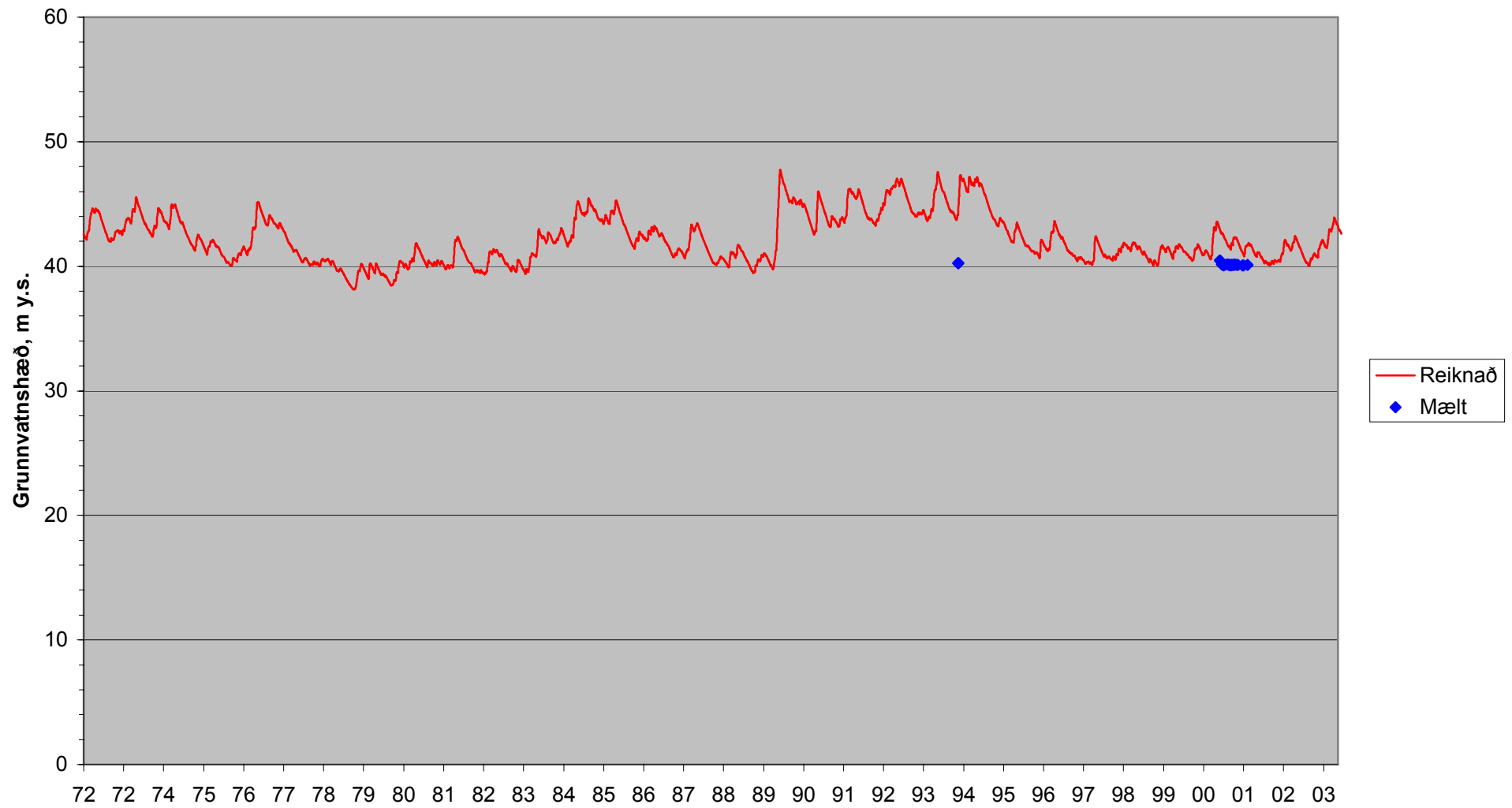
Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-09



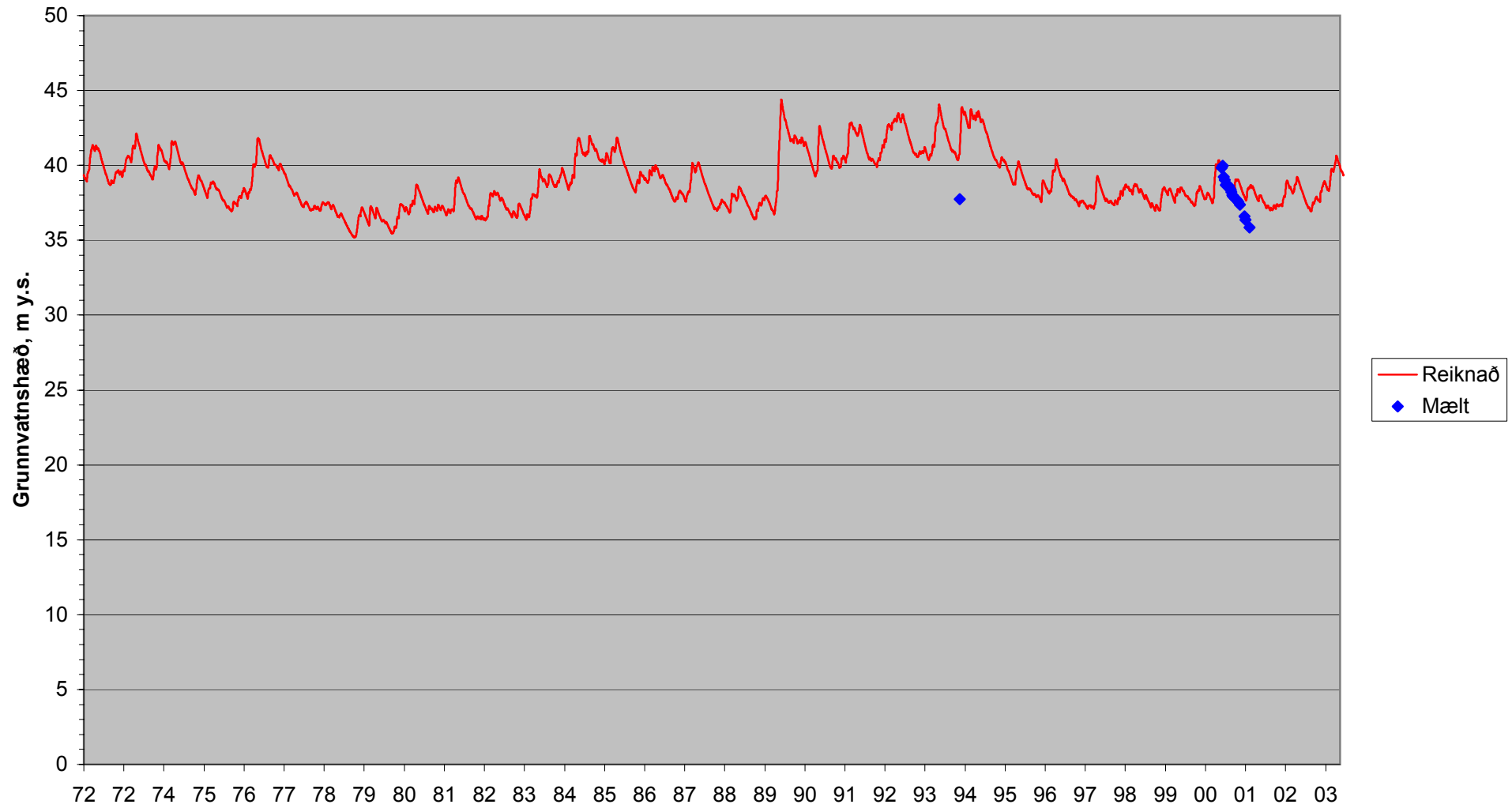
## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-10



Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-12



## Mæld og reiknuð grunnvatnshæð í BPH-13

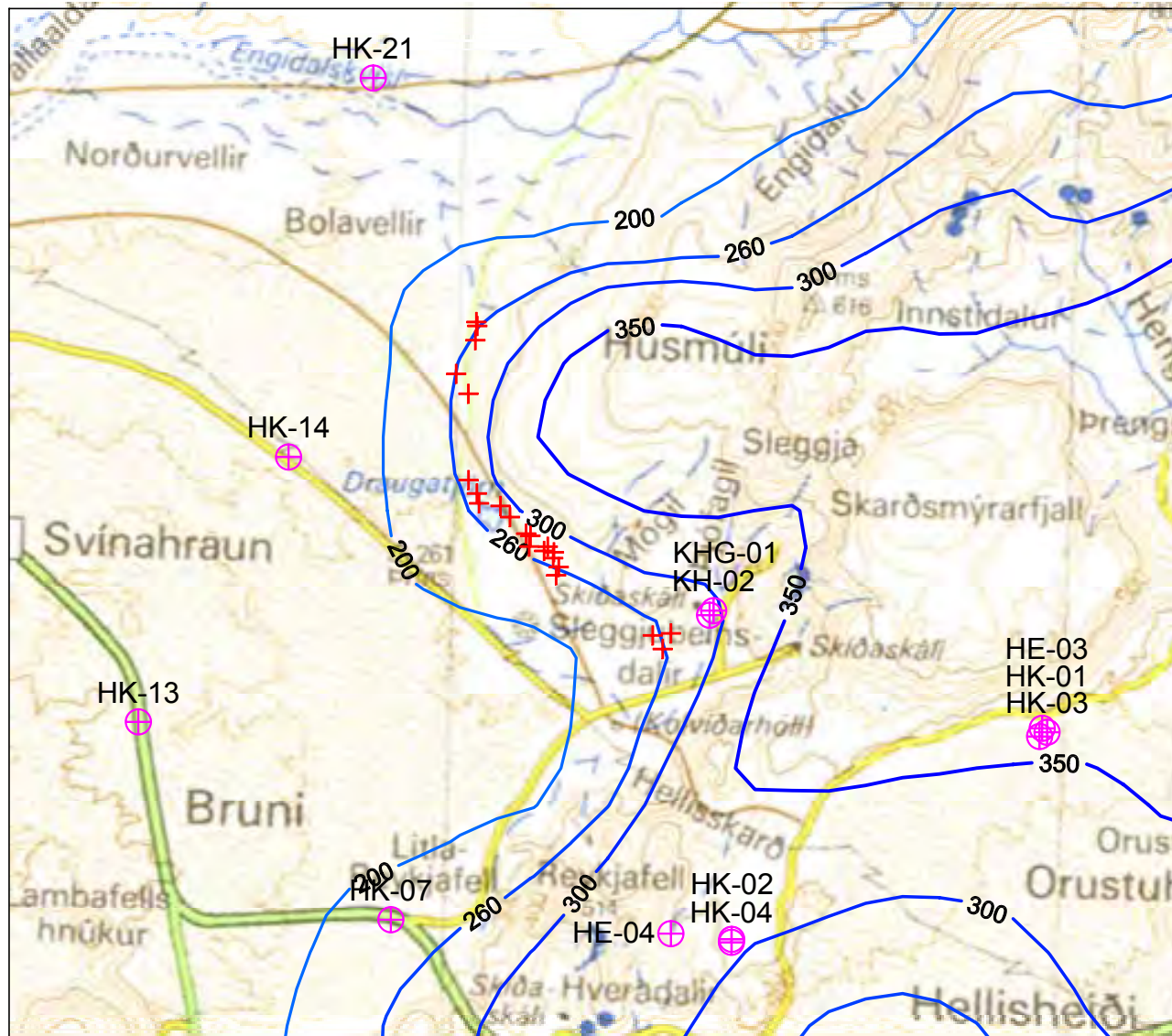


VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA REYKJAVÍKUR

Reiknuð grunnvatnshæð við lindir á Hengilsvæði  
Grunnvatnsvatnaskil lengst til suðurs



- + Lítil lind
- ⊕ Borholur

Mkv. 1:50.000  
0 1 2 km

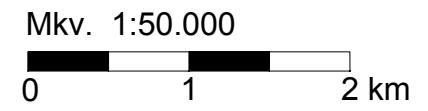
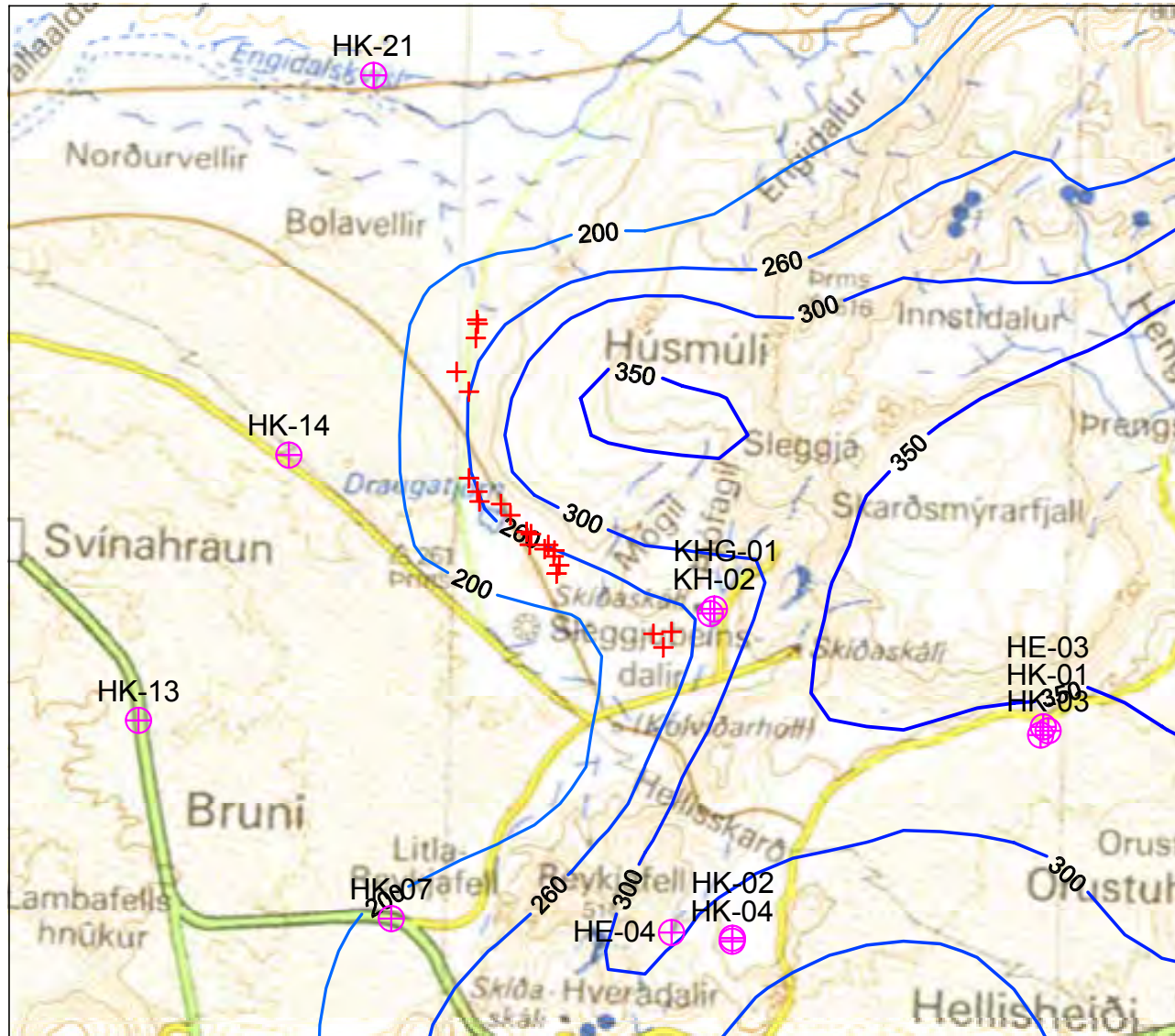


VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA REYKJAVÍKUR

Reiknuð grunnvatnshæð við lindir á Hengilsvæði  
Grunnvatnsvatnaskil lengst til norðurs

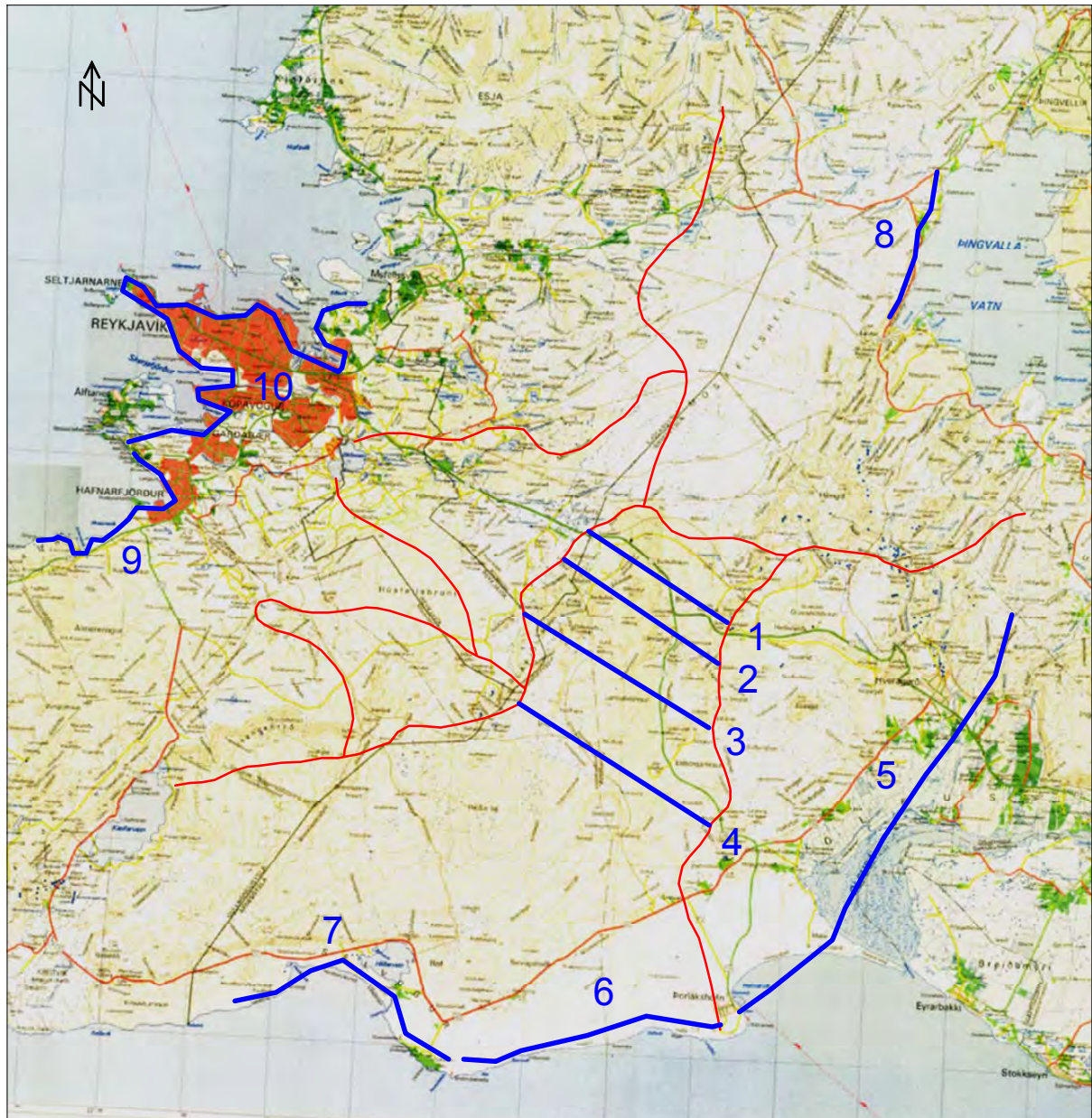


VATNASKIL

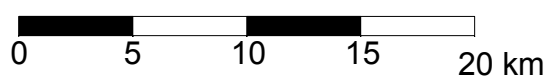
HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

Rennslisþversnið



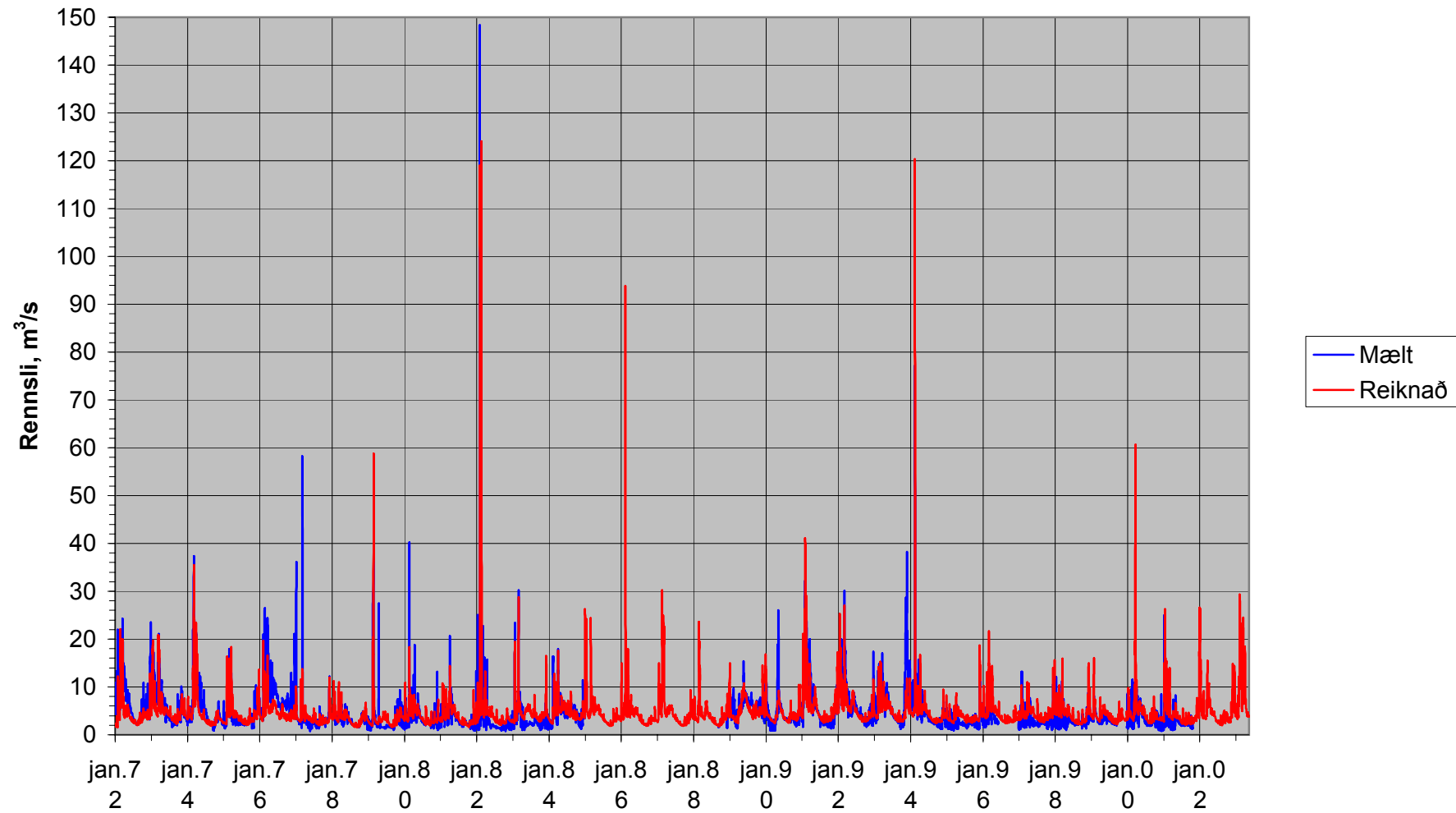
Mkv. 1:330.000



— Þversnið

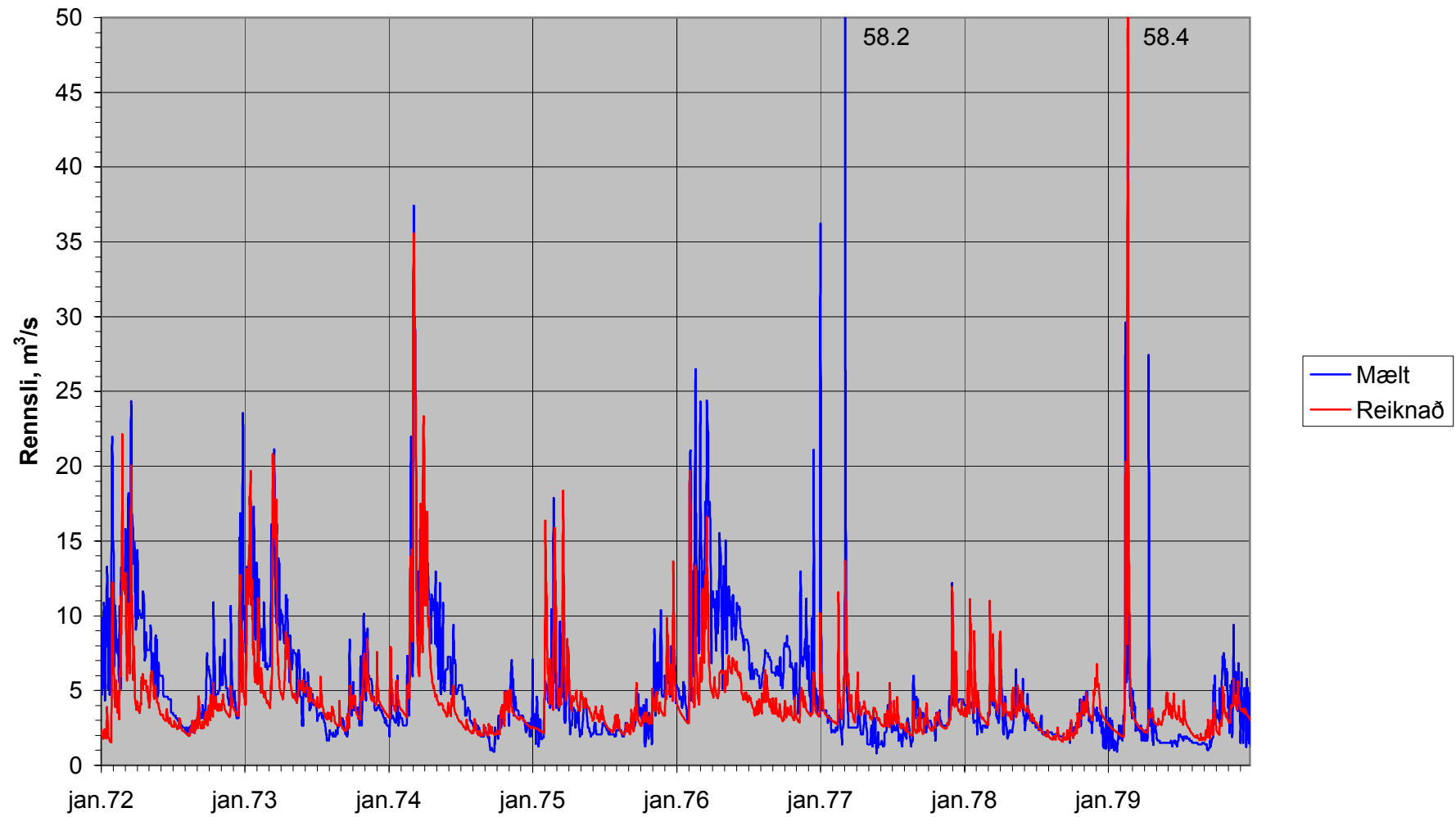
— Grunnvatnsvatnaskil

## Mælt og reiknað rennsli í Elliðaám

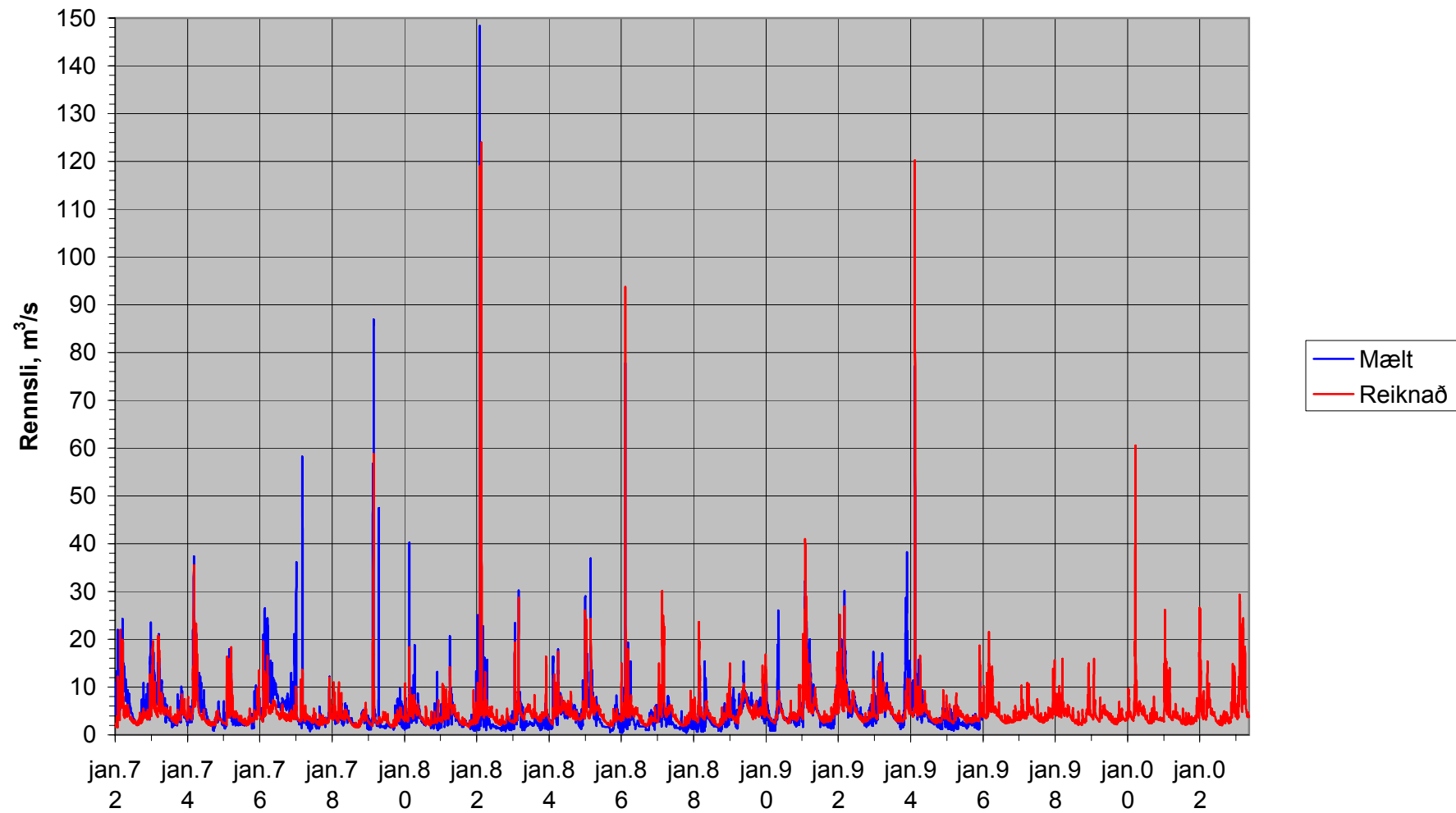




Mælt og reiknað rennsli í Elliðaám  
1972 - 1979

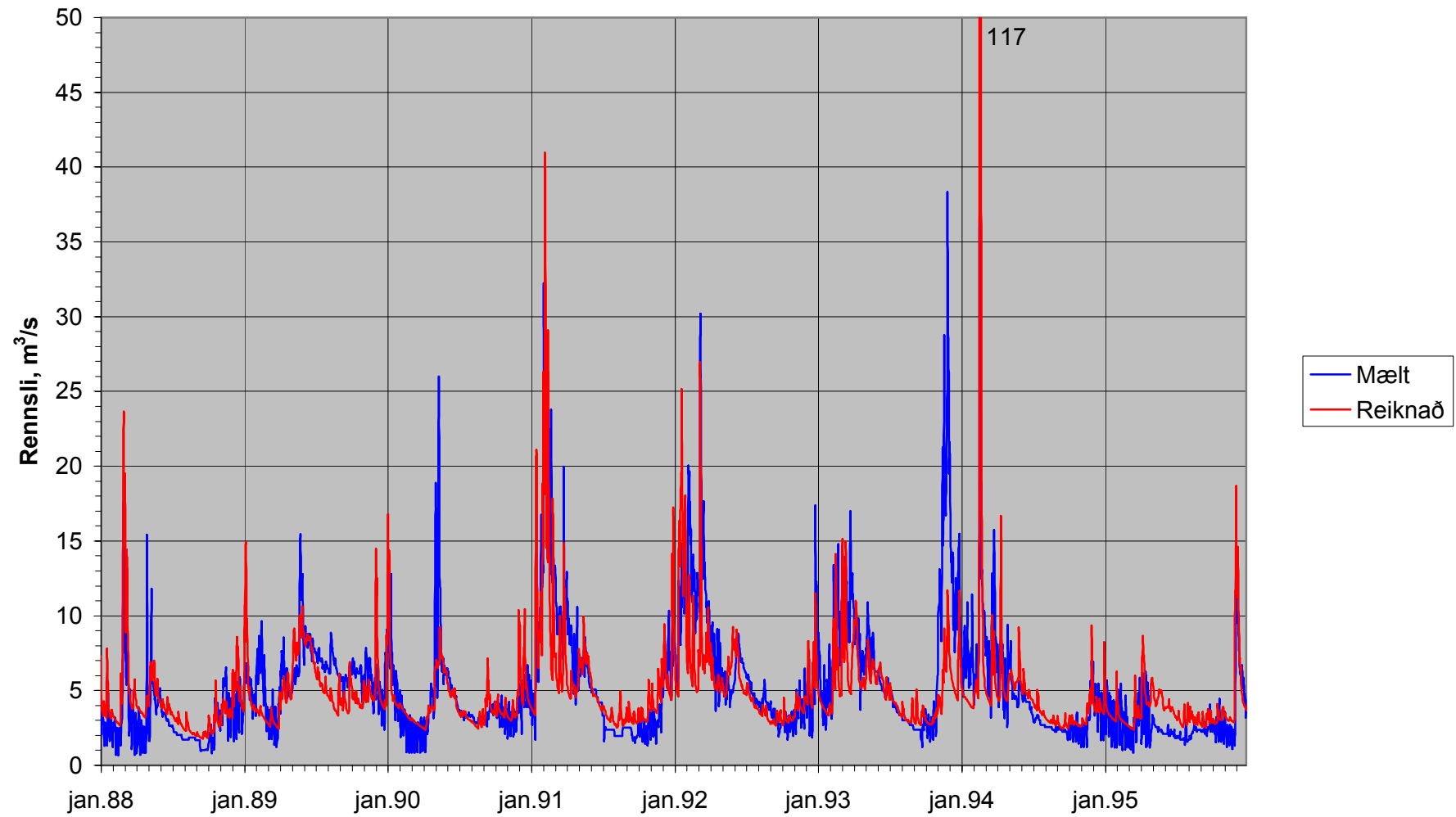


## Mælt og reiknað rennsli úr Elliðavatni

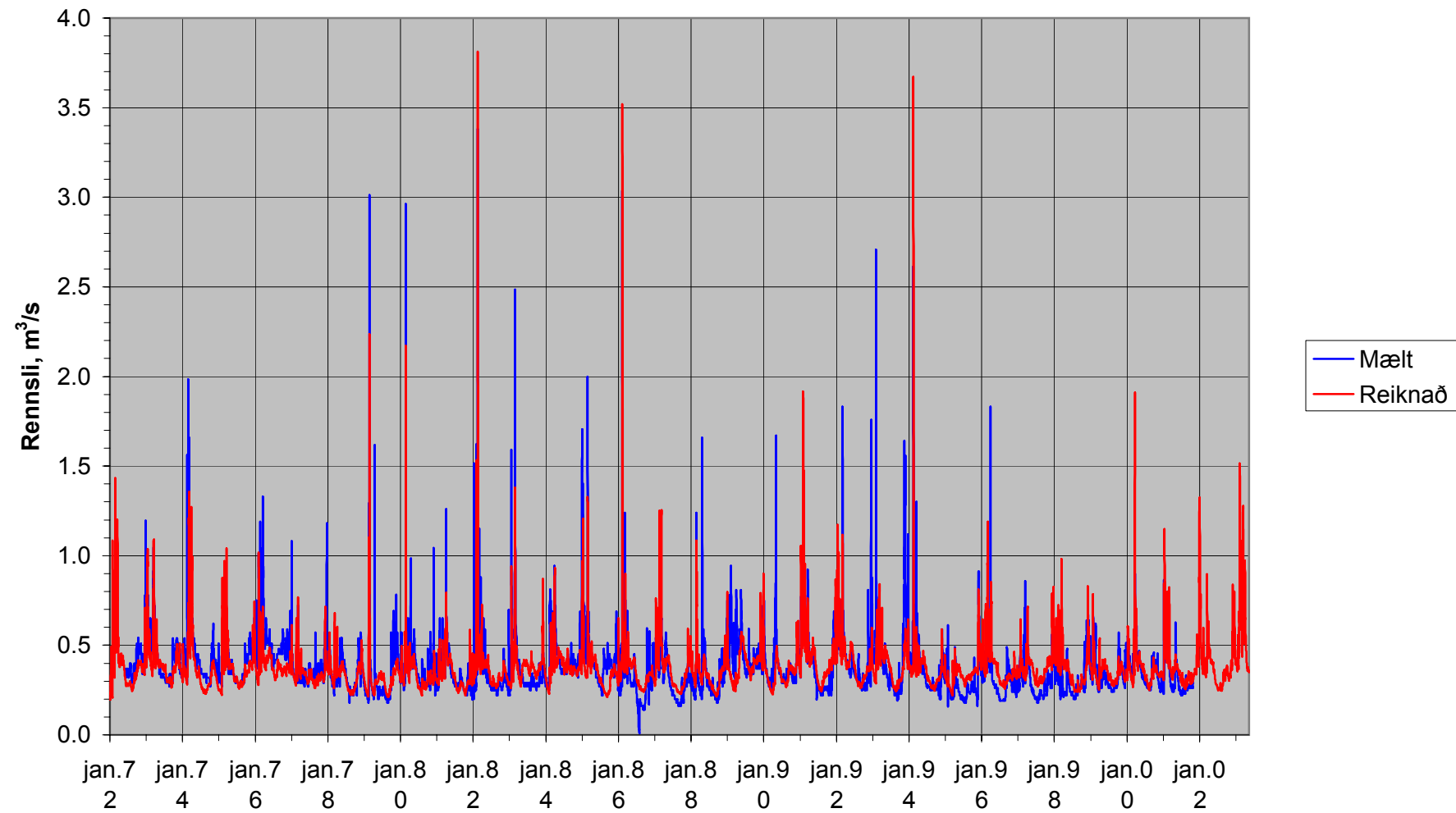




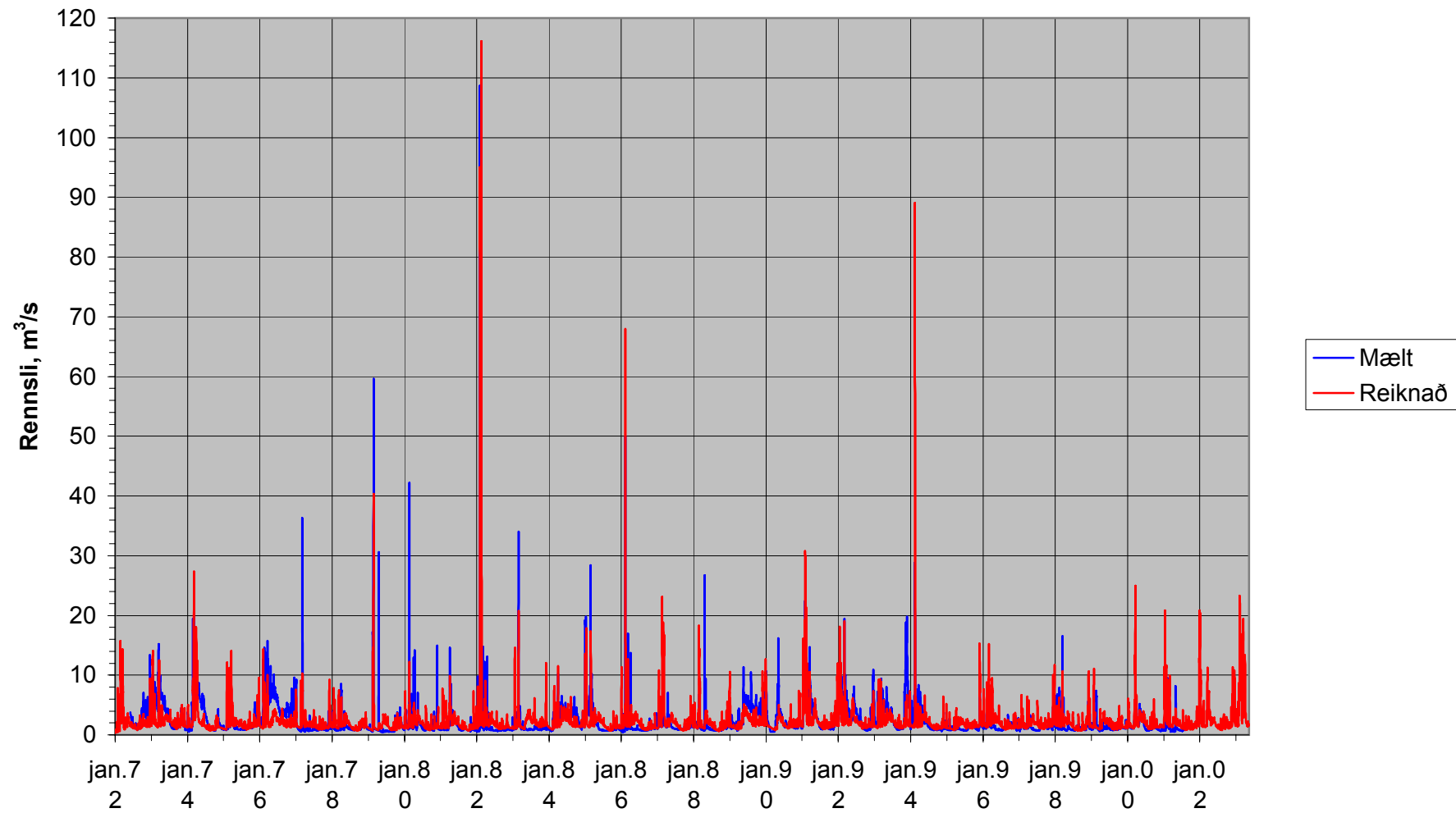
Mælt og reiknað rennsli úr Elliðavatni  
1988 - 1995



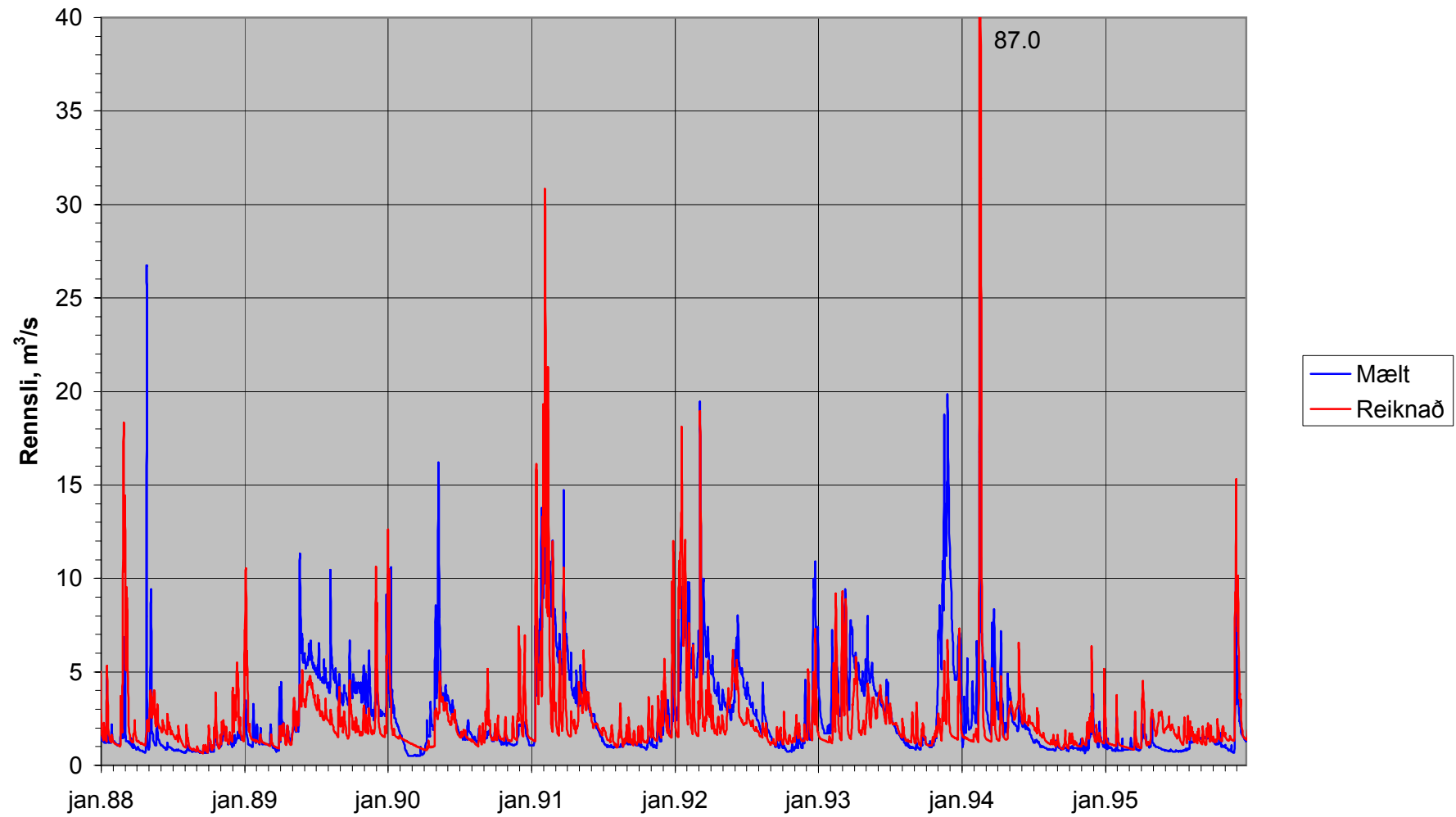
## Mælt og reiknað rennsli í Suðurá



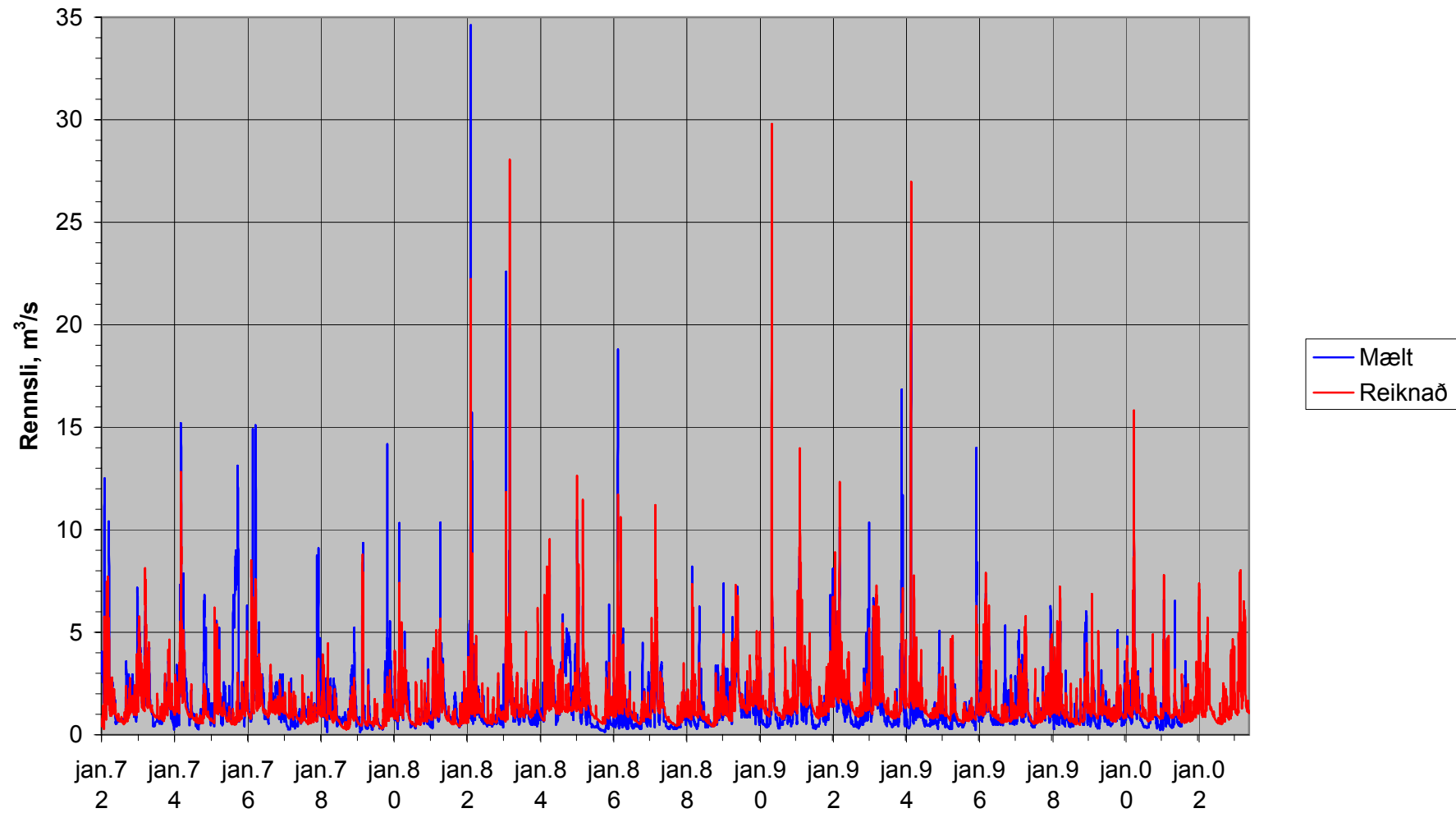
## Mælt og reiknað rennsli í Hólmsá



Mælt og reiknað rennsli í Hólmsá  
1988 - 1995

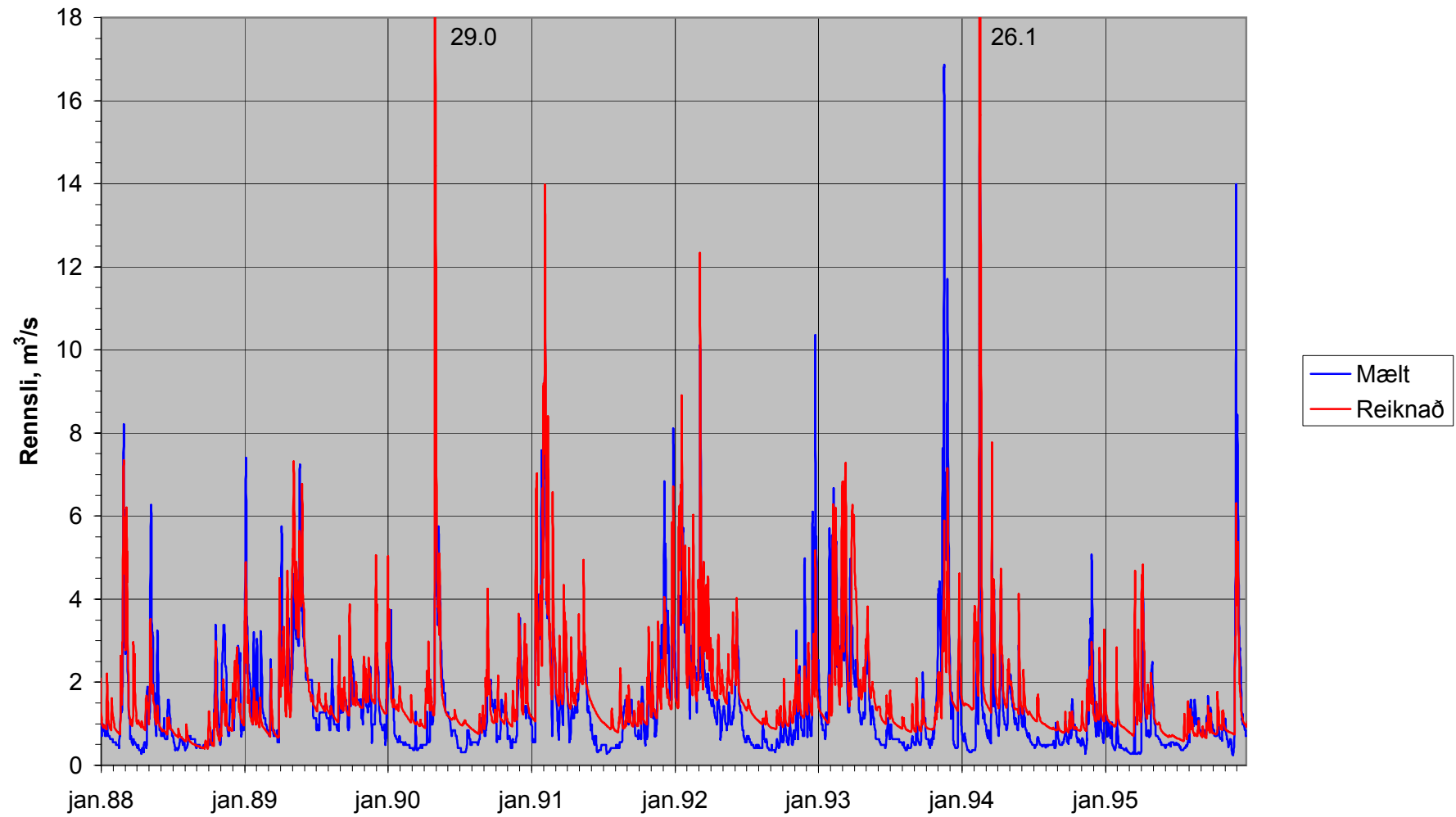


## Mælt og reiknað rennsli í Korpúlfsstaðaá

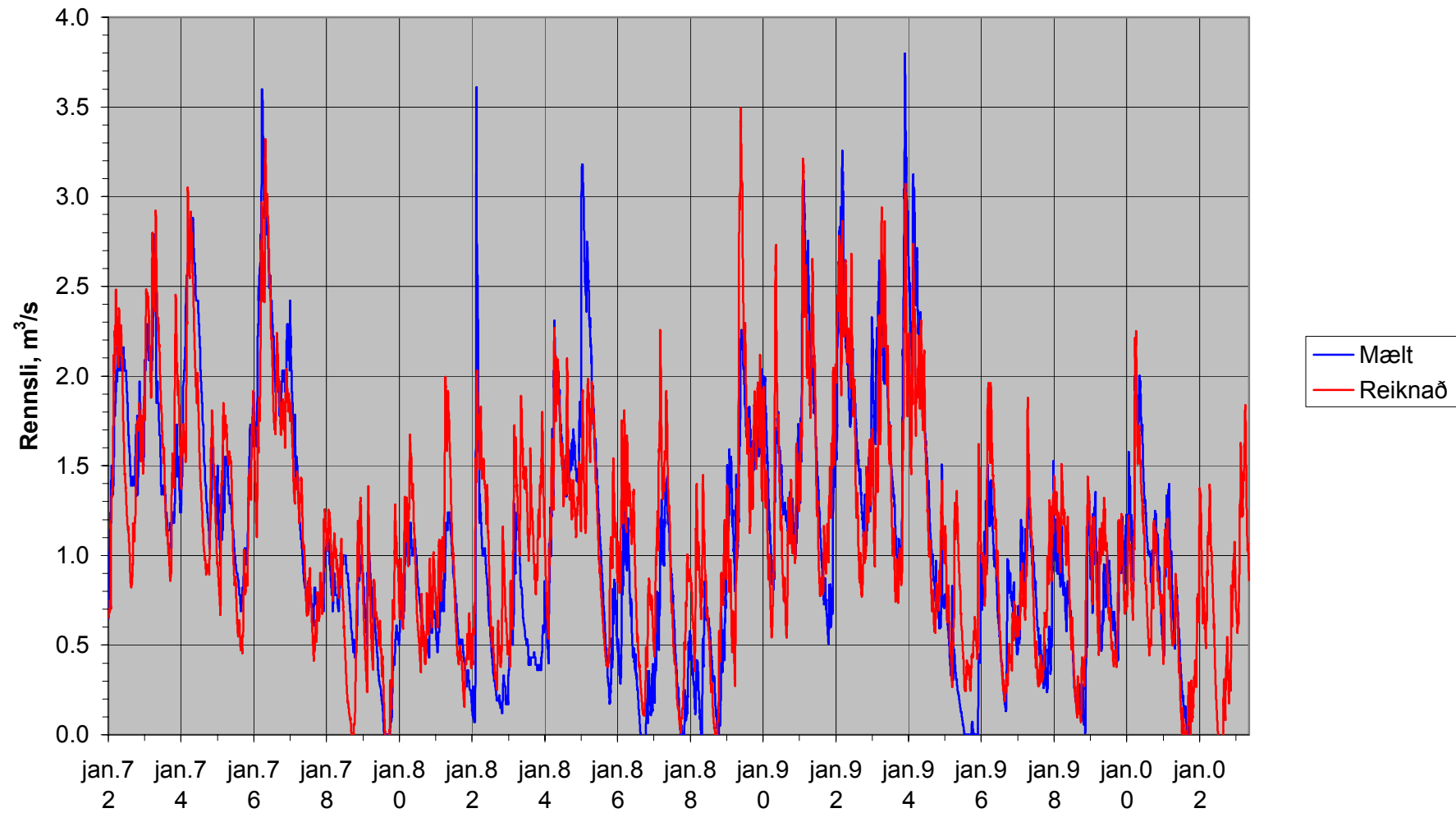




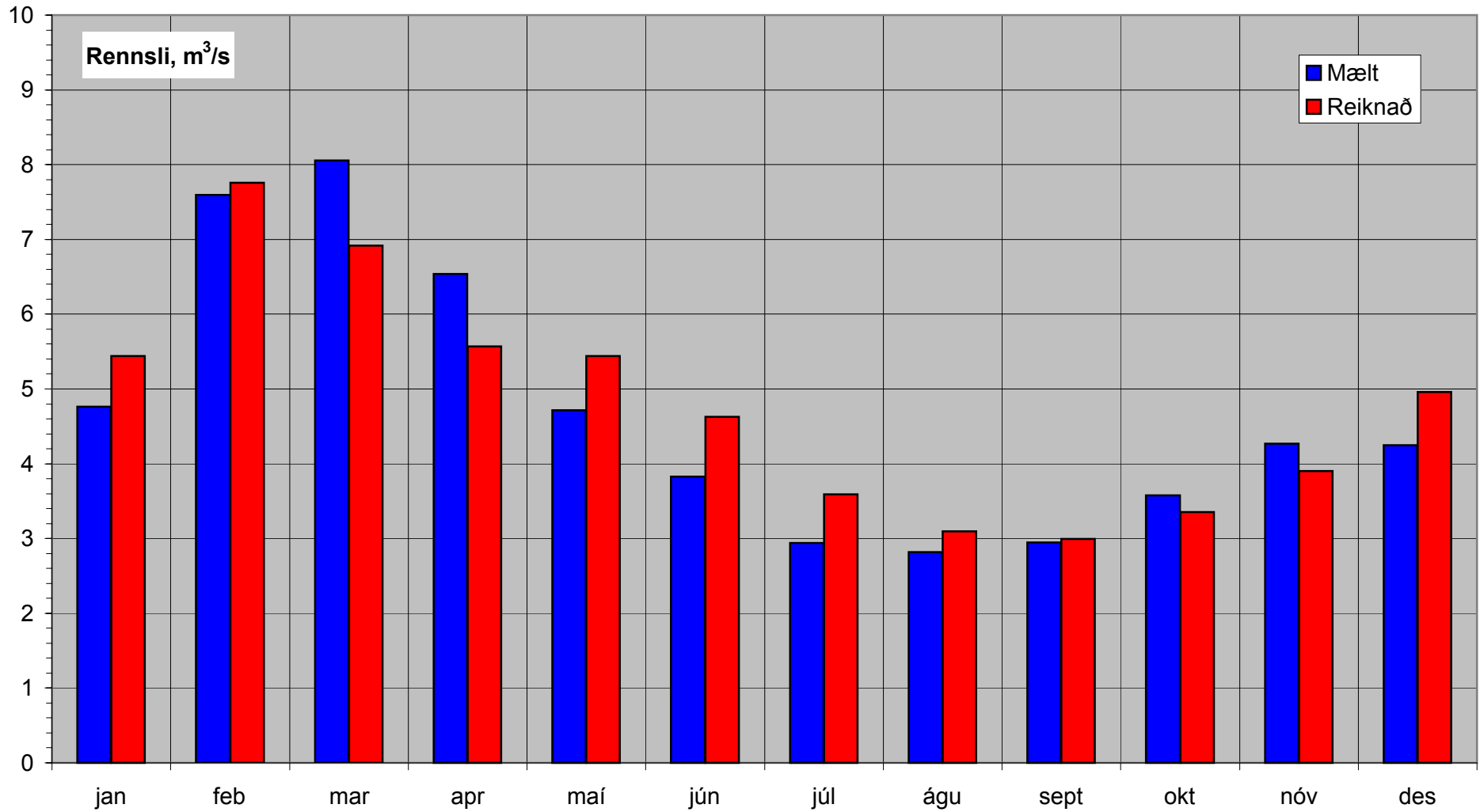
Mælt og reiknað rennsli í Korpúlfsstaðaá  
1988 - 1995



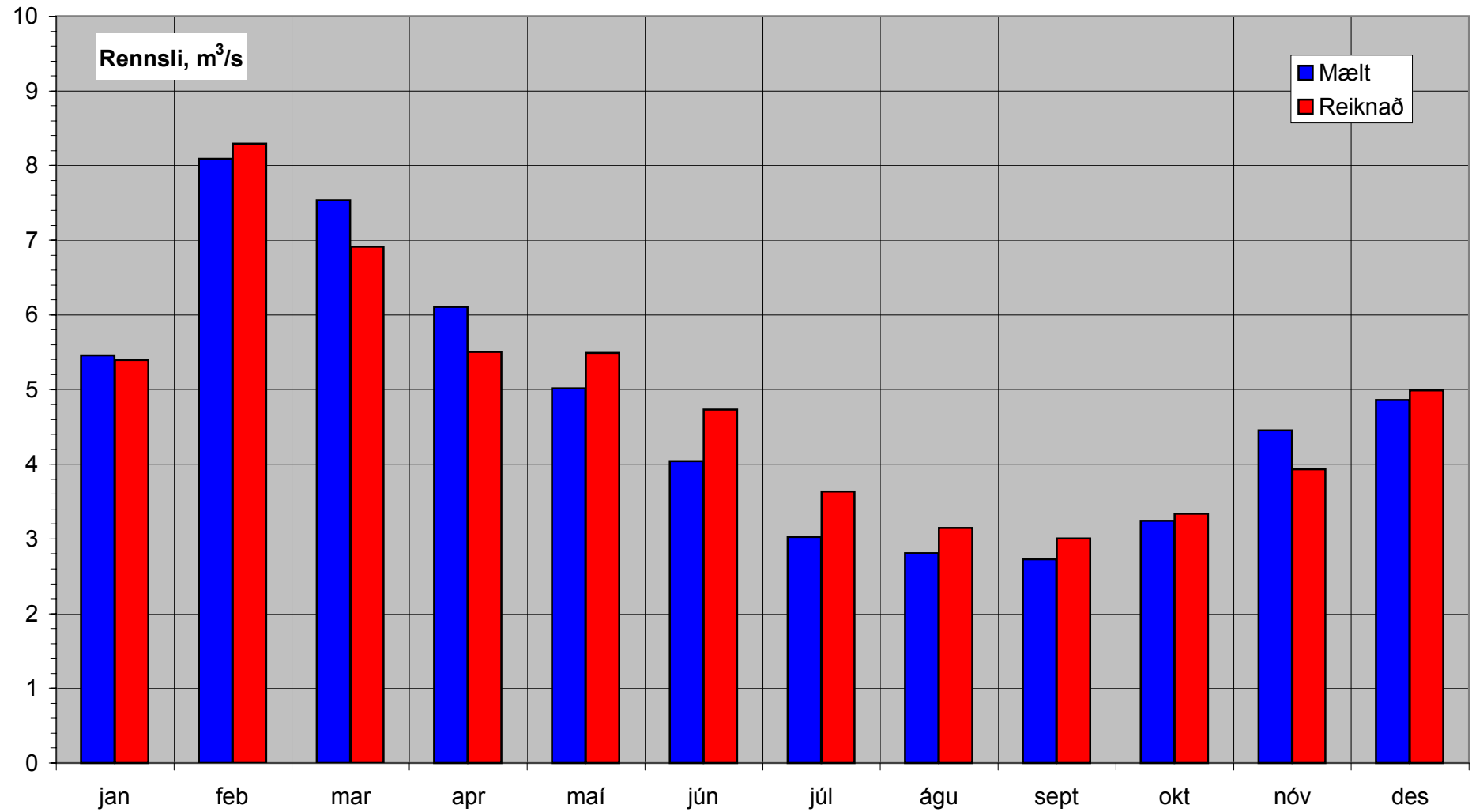
## Mælt og reiknað rennsli í Kaldá



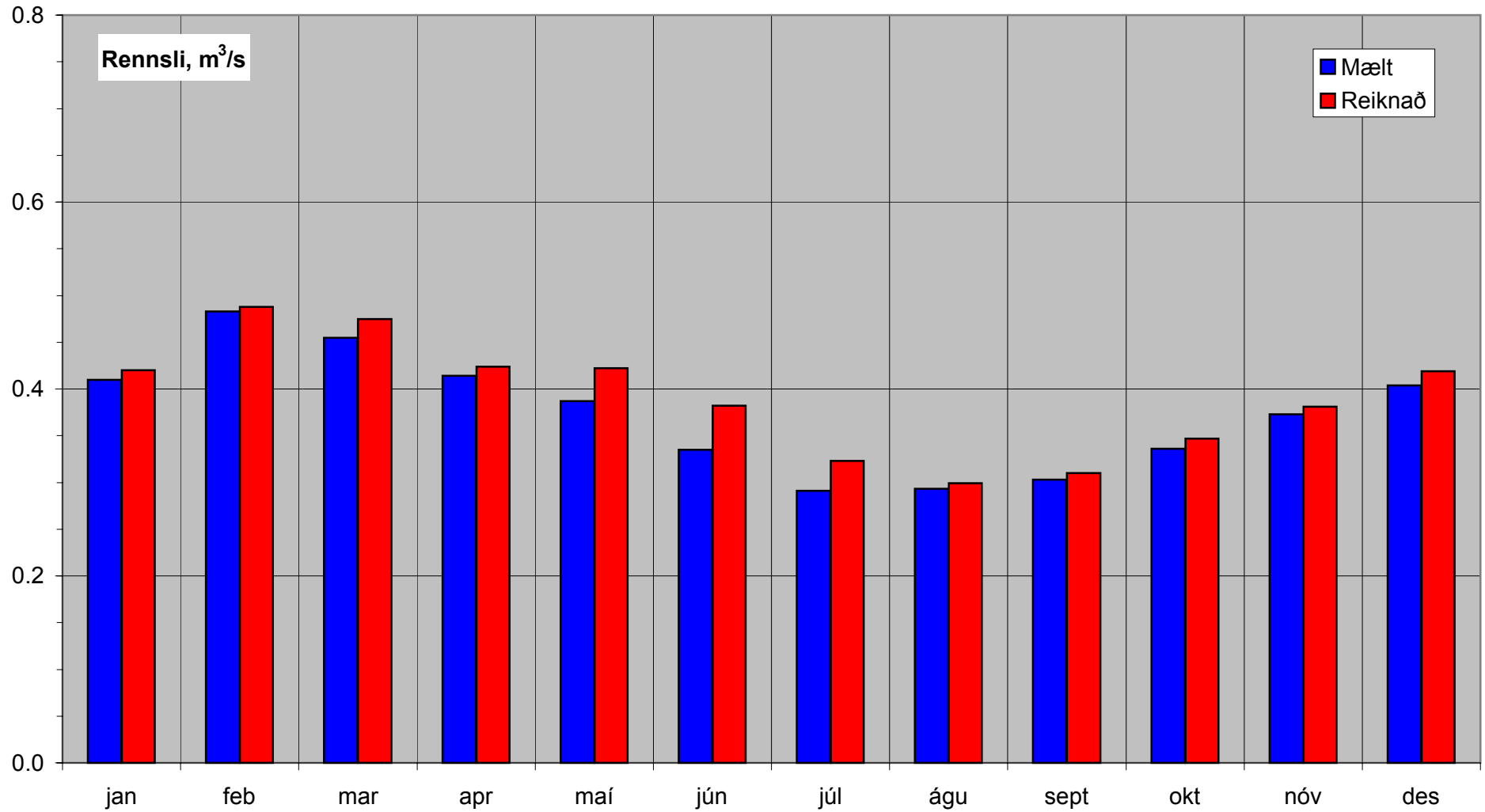
Mælt og reiknað rennsli í Elliðaám  
Meðalrennsli mánaða 1/1/72 - 30/10/01



Mælt og reiknað rennsli úr Elliðavatni  
Meðalrennsli mánaða 1/1/72 - 31/12/95

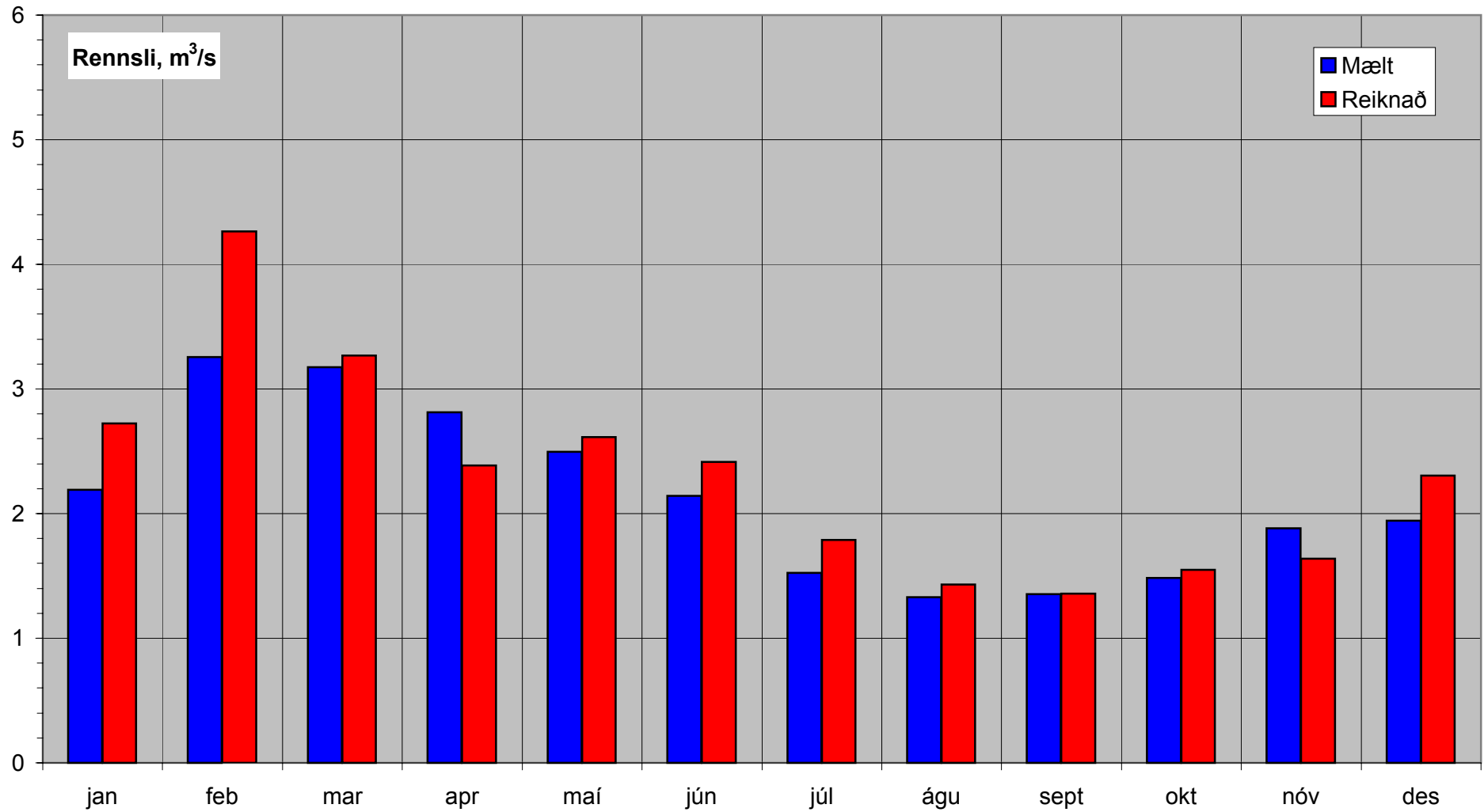


Mælt og reiknað rennsli í Suðurá  
Meðalrennsli mánaða 1/1/72 - 3/11/01

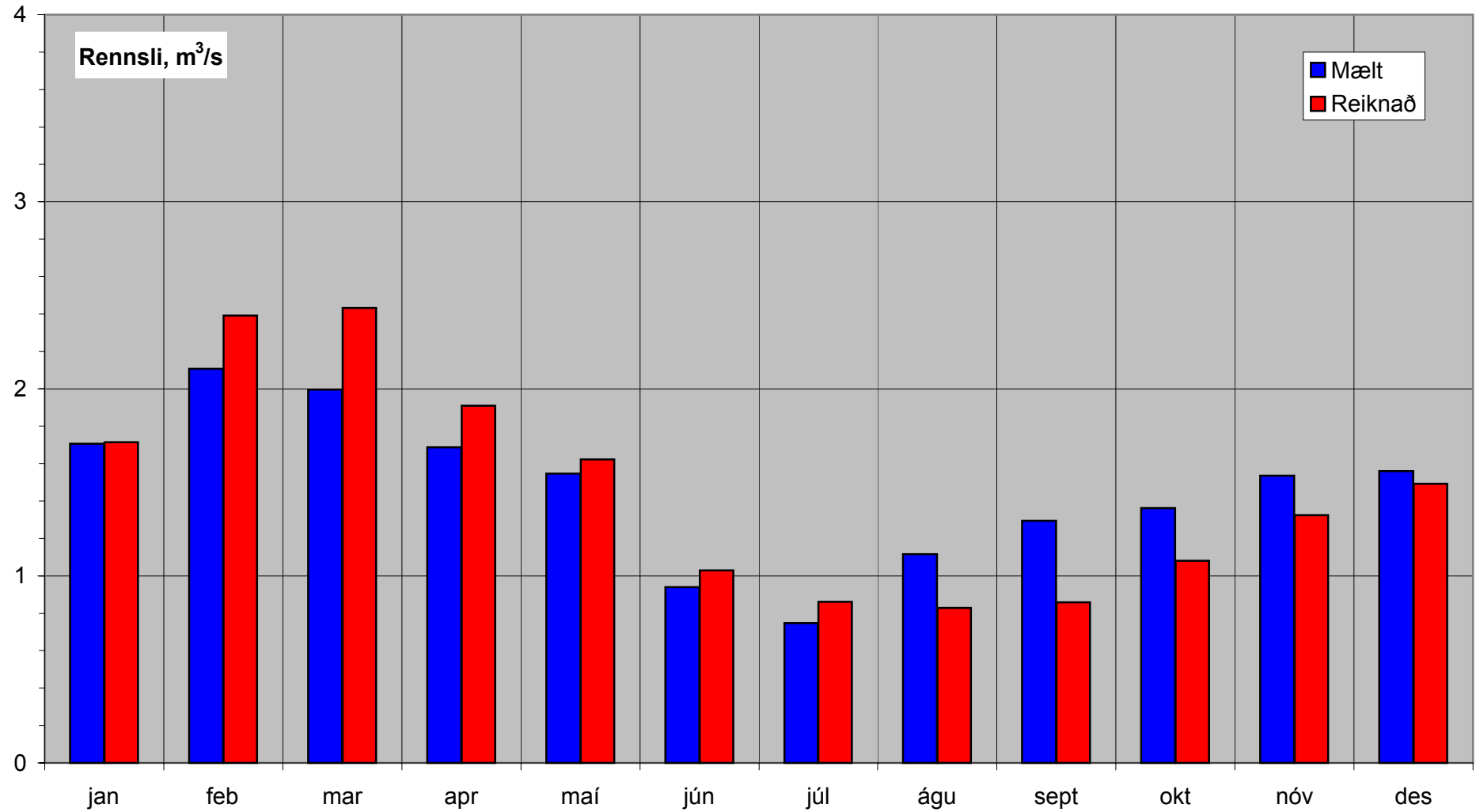




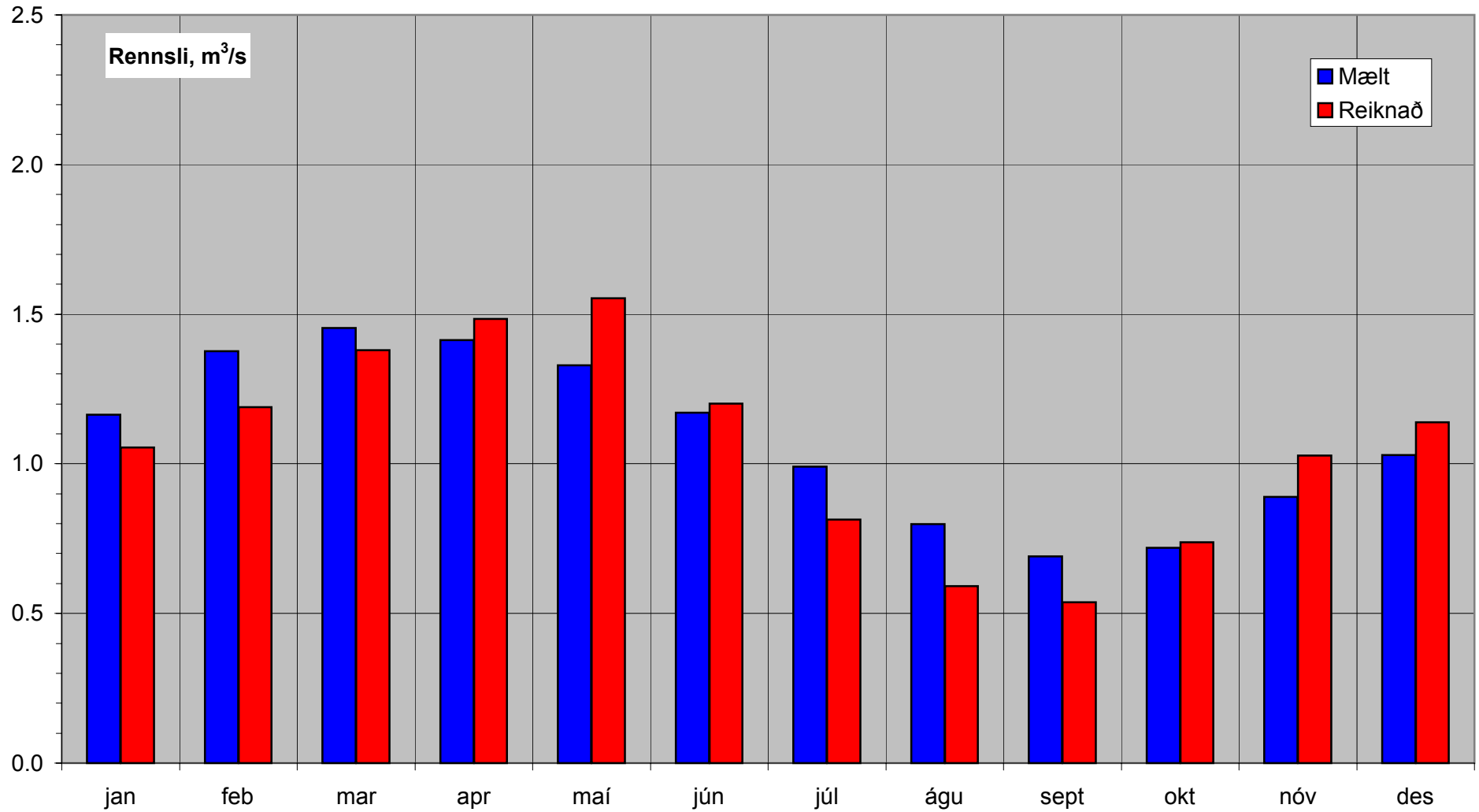
Mælt og reiknað rennsli í Hólmsá  
Meðalrennsli mánaða 1/1/72 - 31/8/01



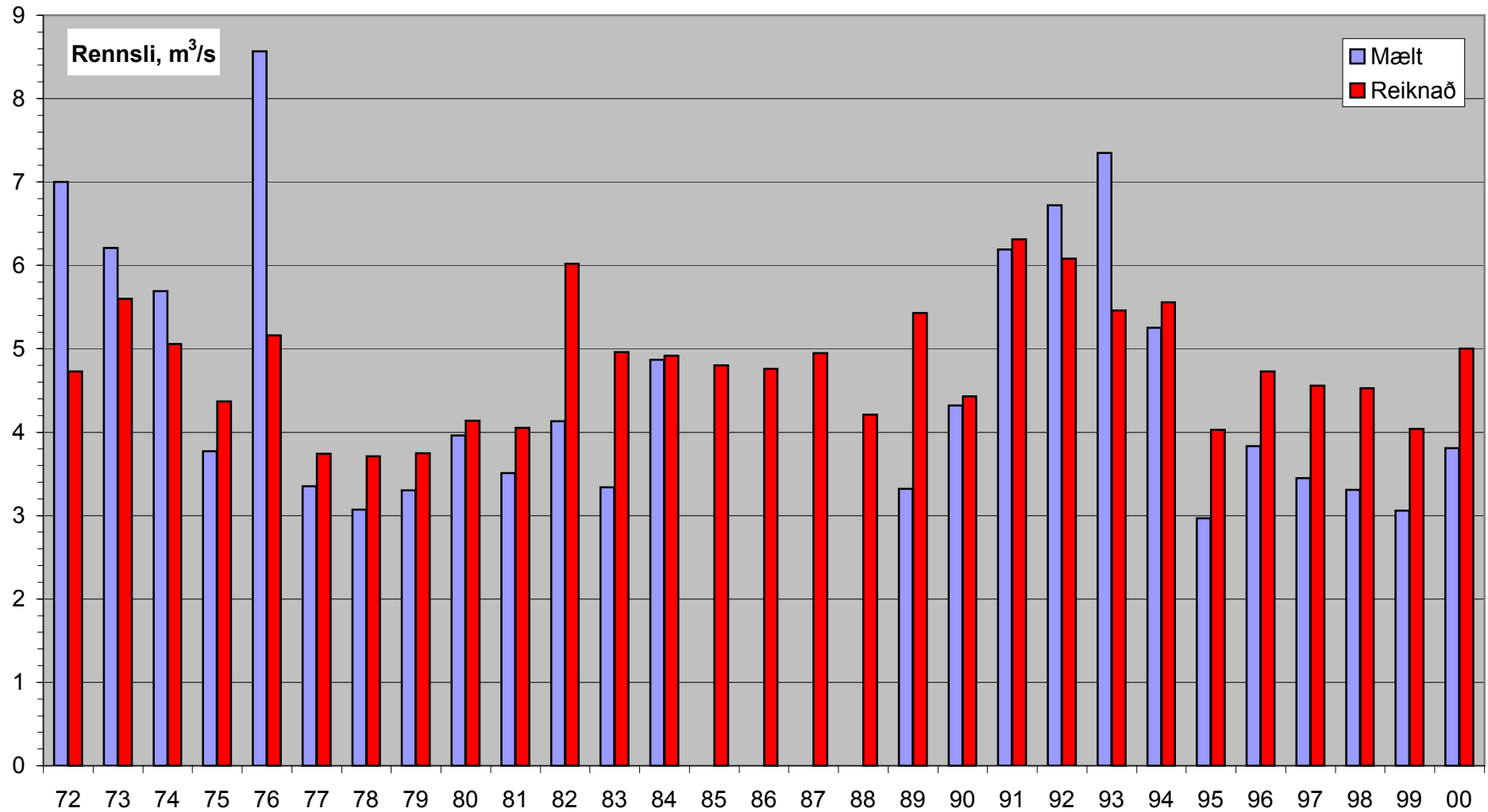
Mælt og reiknað rennsli í Korpúlfsstaðaá  
Meðalrennsli mánaða 1/1/72 - 31/8/01



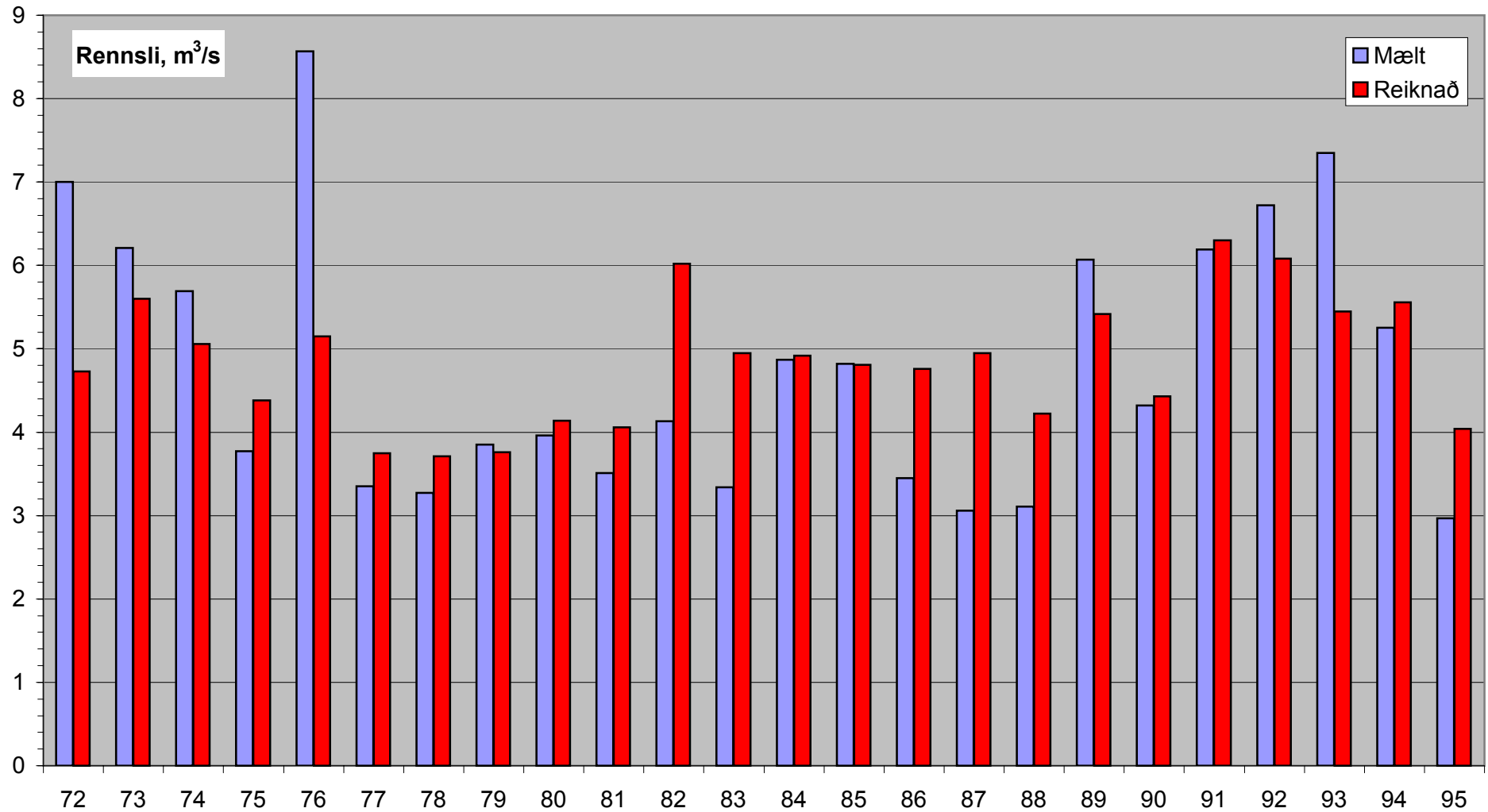
Mælt og reiknað rennsli í Kaldá  
Meðalrennsli mánaða 1/1/72 - 15/10/01



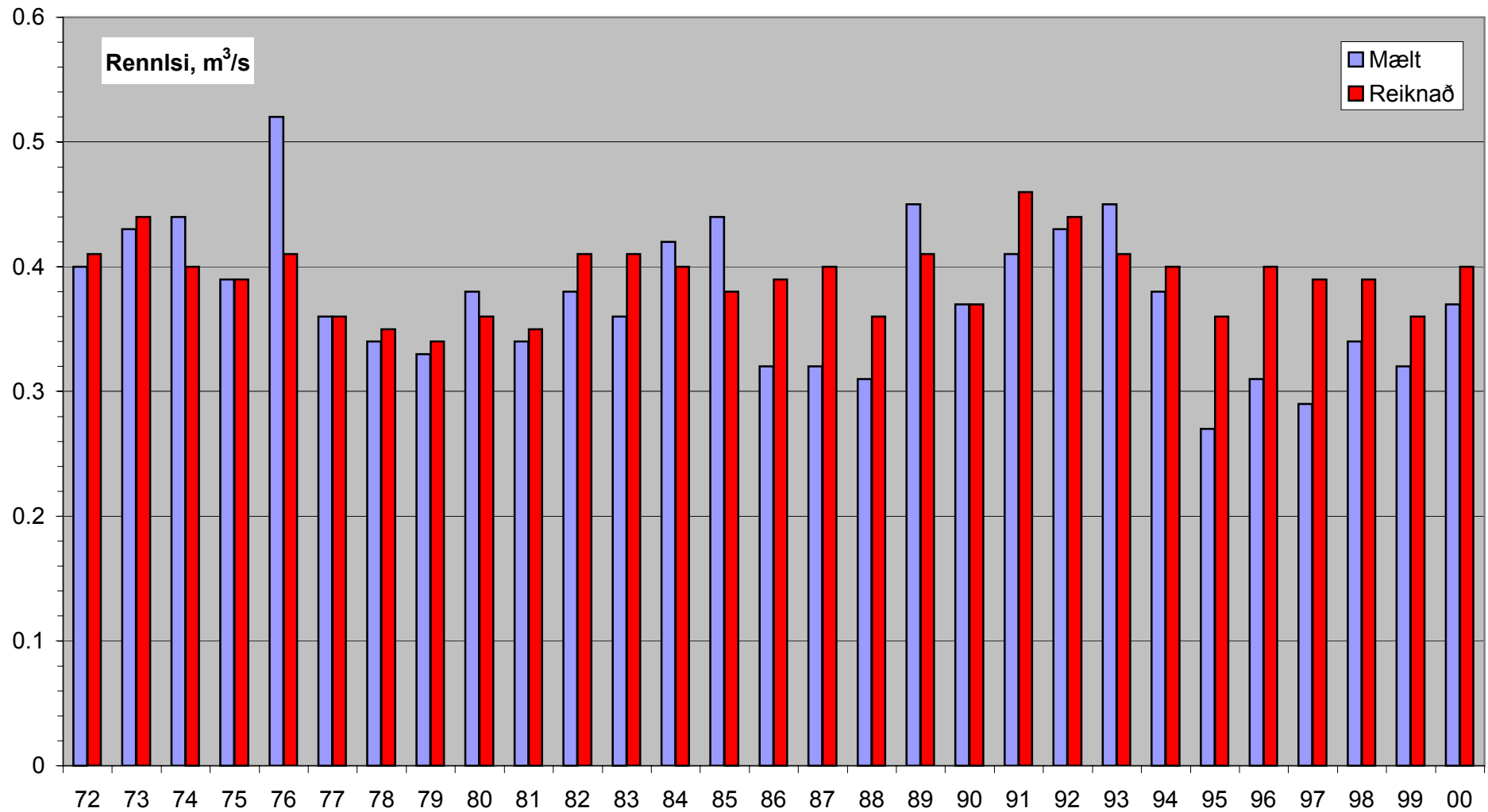
Mælt og reiknað rennsli í Elliðaám  
Ársmeðalrennsli 1972 - 2000



Mælt og reiknað rennsli úr Elliðavatni  
Ársmeðalrennsli 1972 - 1995

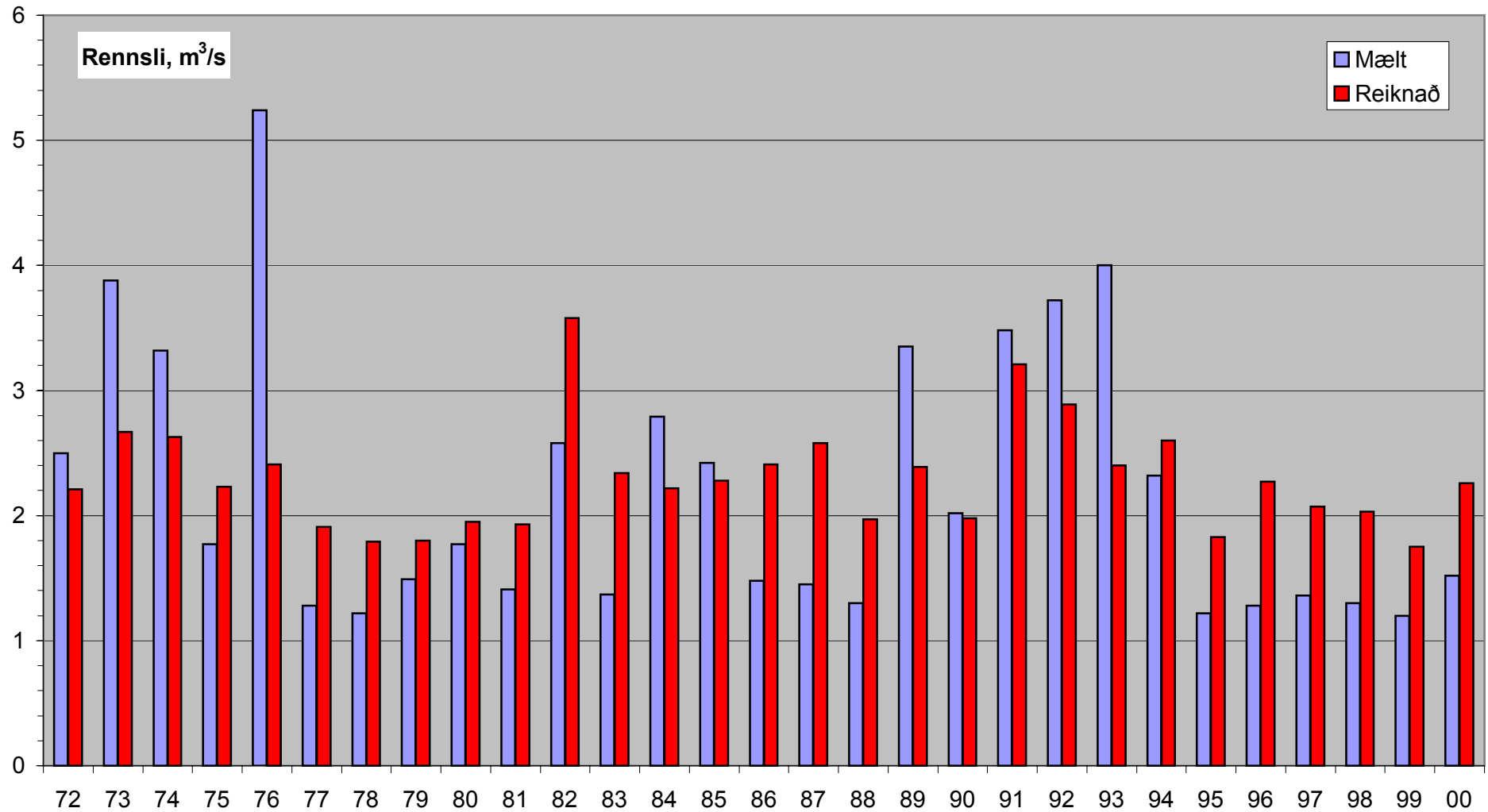


Mælt og reiknað rennsli í Suðurá  
Ársmeðalrennsli 1972 - 2000

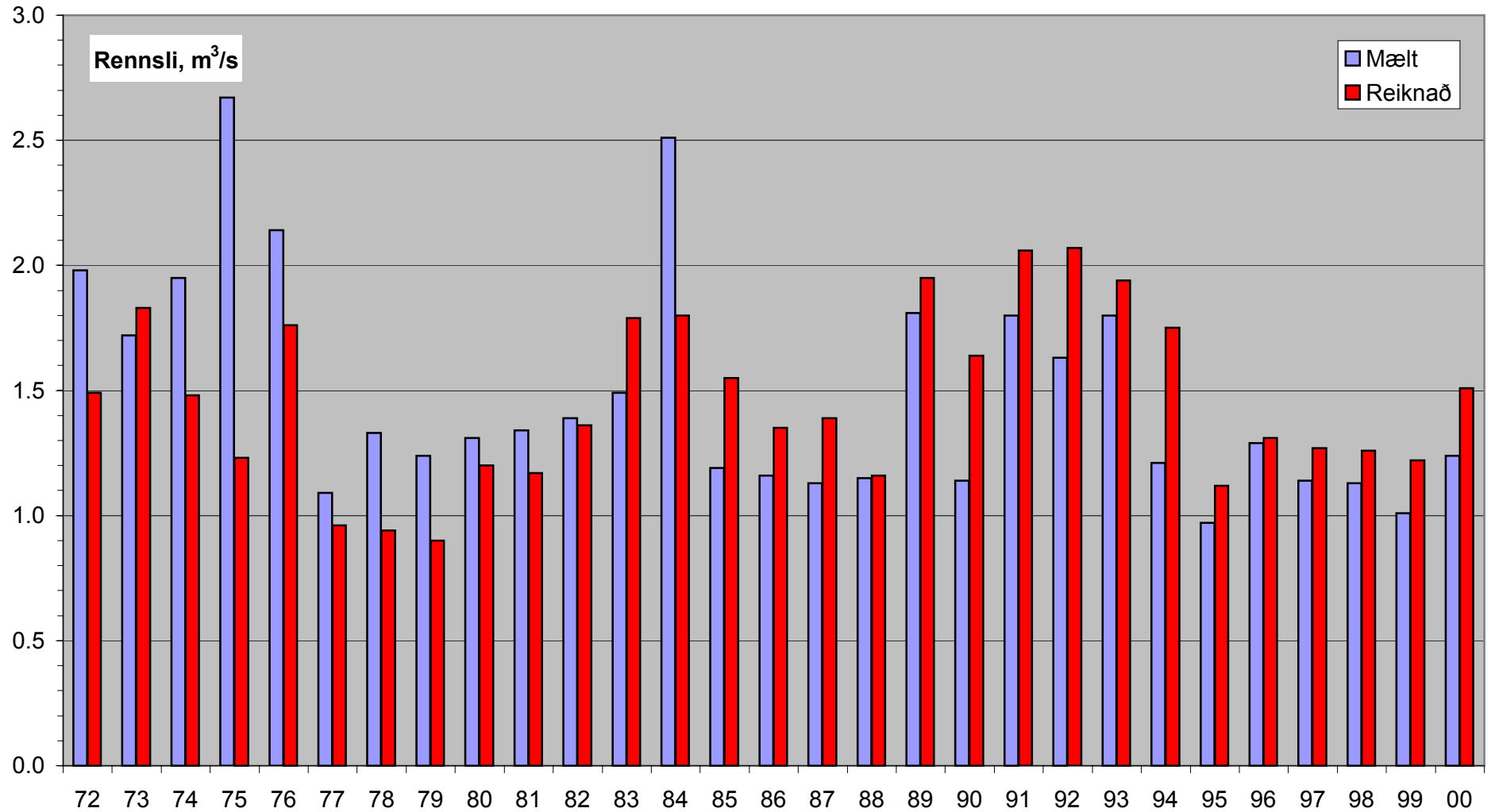




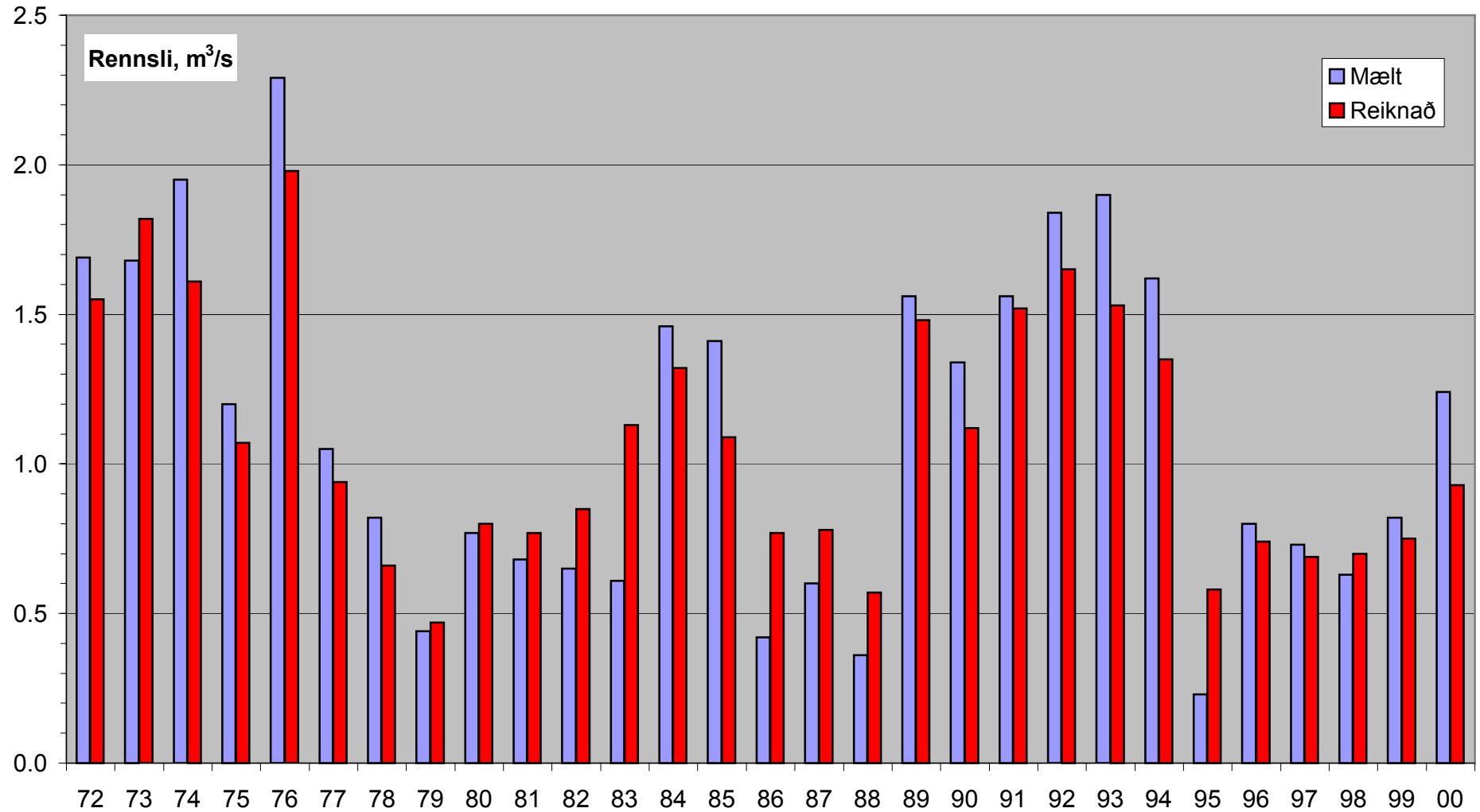
Mælt og reiknað rennsli í Hólmsá  
Ársmeðalrennsli 1972 - 2000



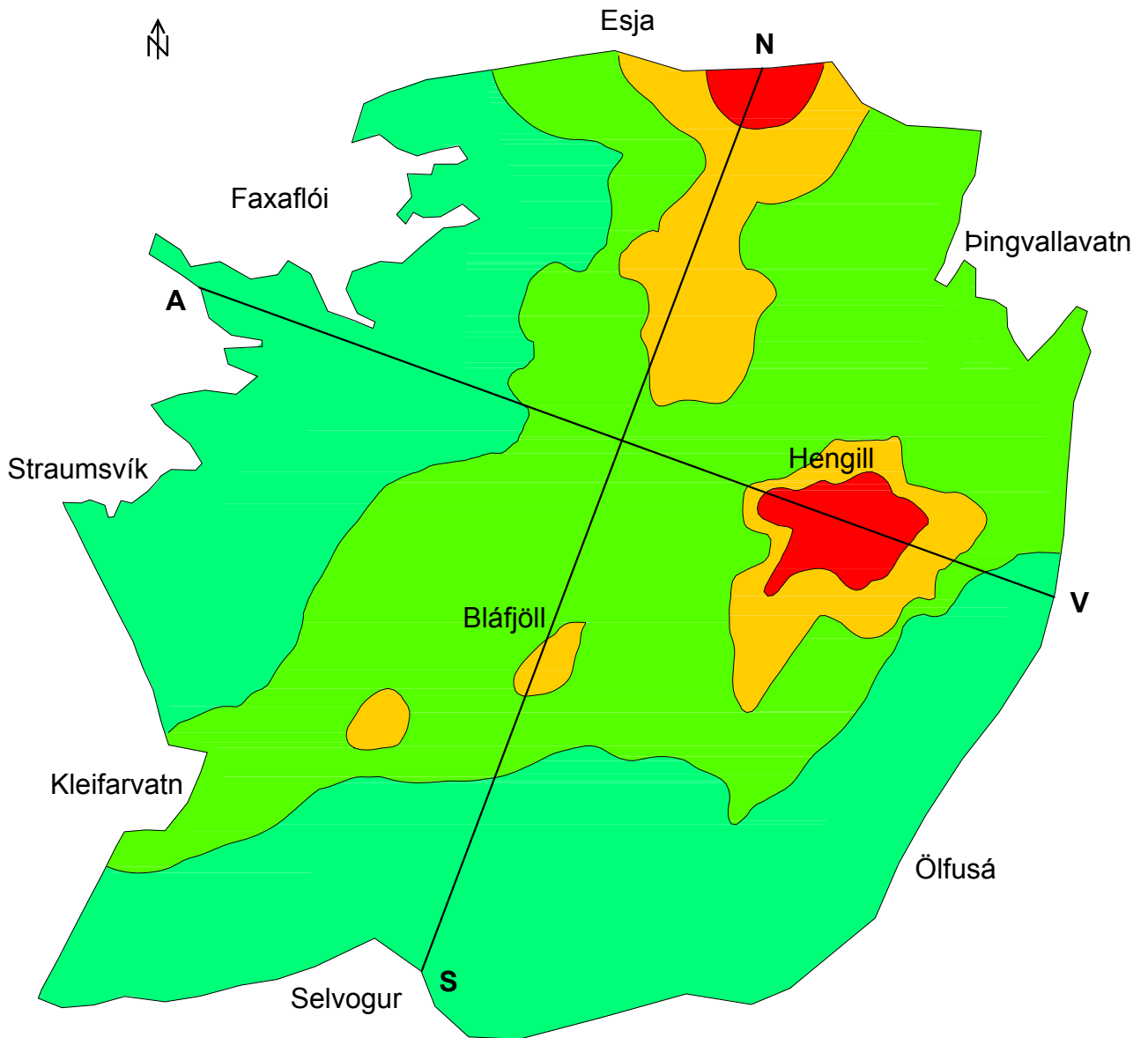
Mælt og reiknað rennsli í Korpúfsstaðaá  
Ársmeðalrennsli 1972 - 2000



Mælt og reiknað rennsli í Kaldá  
Ársmeðalrennsli 1972 - 2000



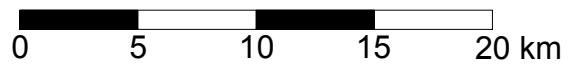
Lagaskipting í 6 lög líkan



- lag 1 (300 til 400 m y.s.)
- lag 2 (200 til 300 m y.s.)
- lag 3 (100 til 200 m y.s.)
- lag 4 (0 til 100 m y.s.)
- lag 5 (-100 til 0 m y.s.)
- lag 6 (-200 til -100 m y.s.)

Snið

Mkv. 1:330.000

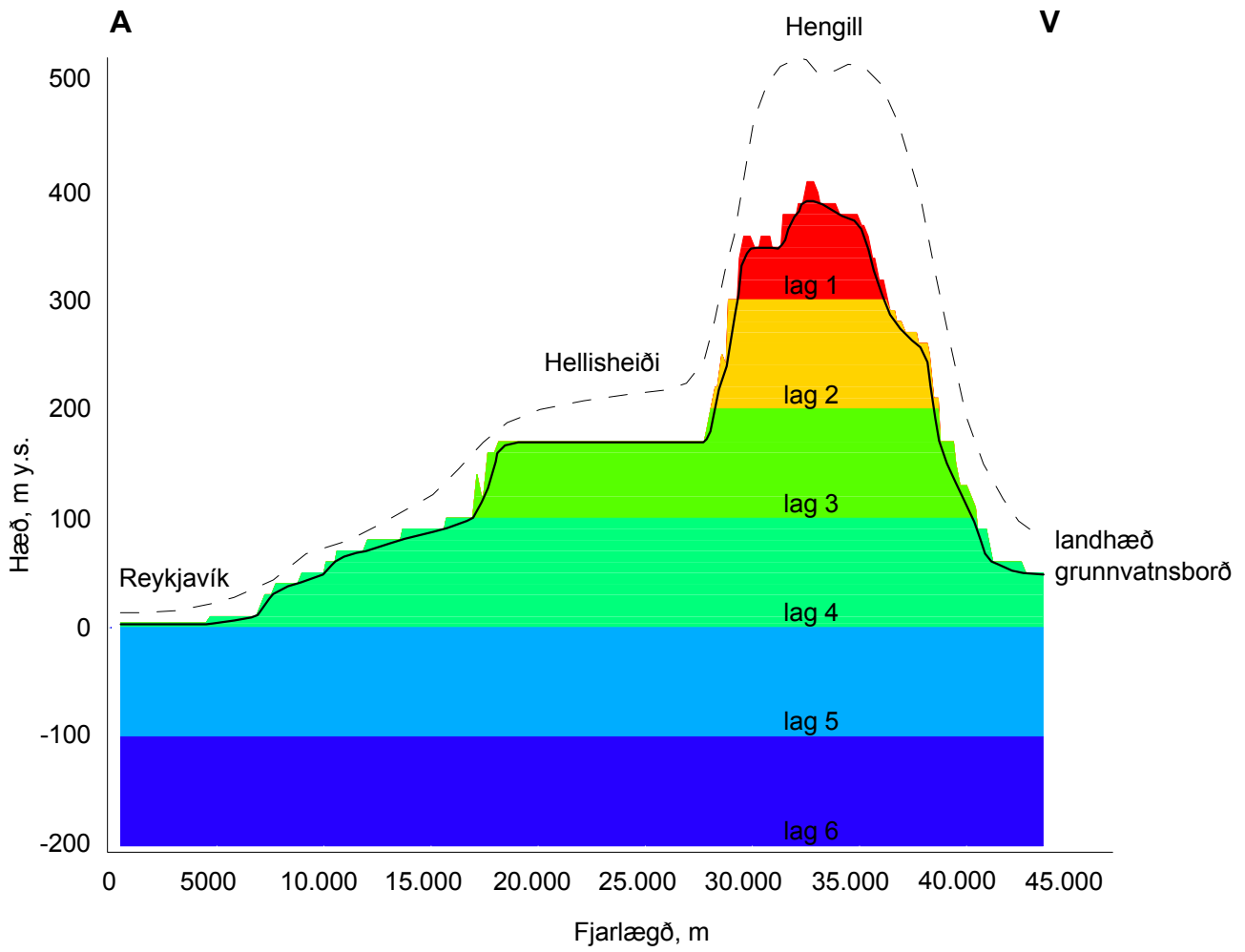


VATNASKIL

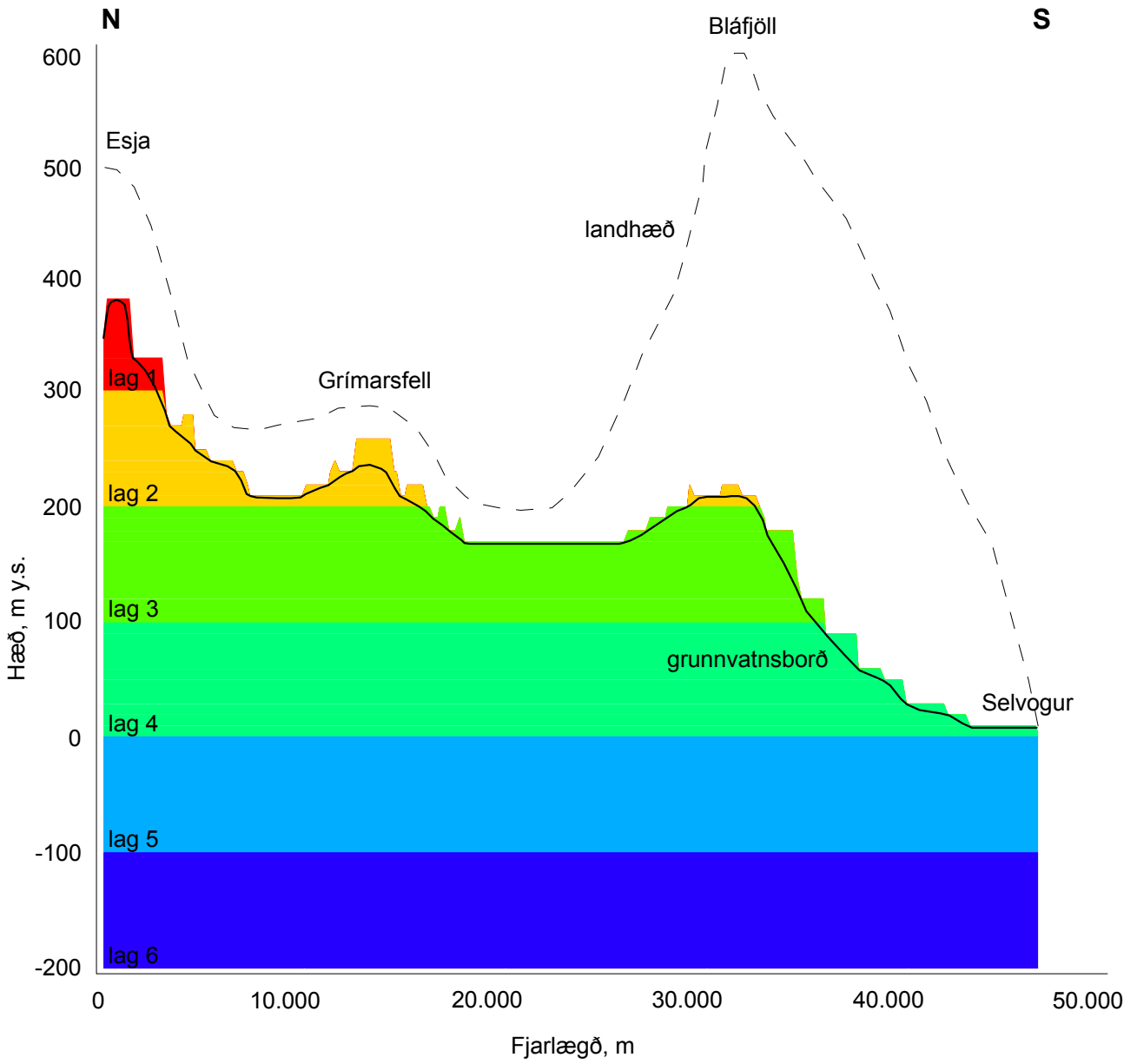
HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

Snið A-V

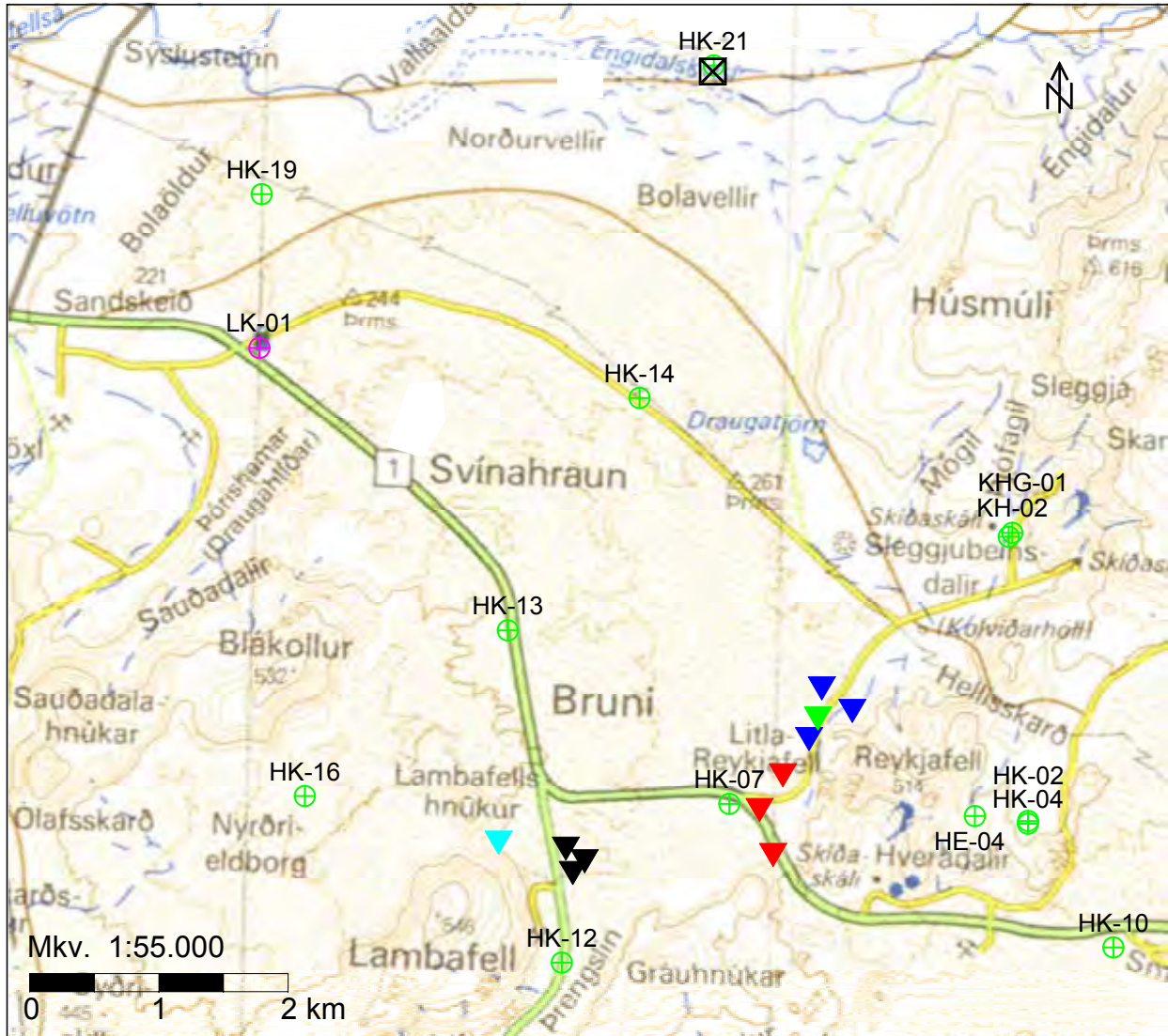


Snið N-S



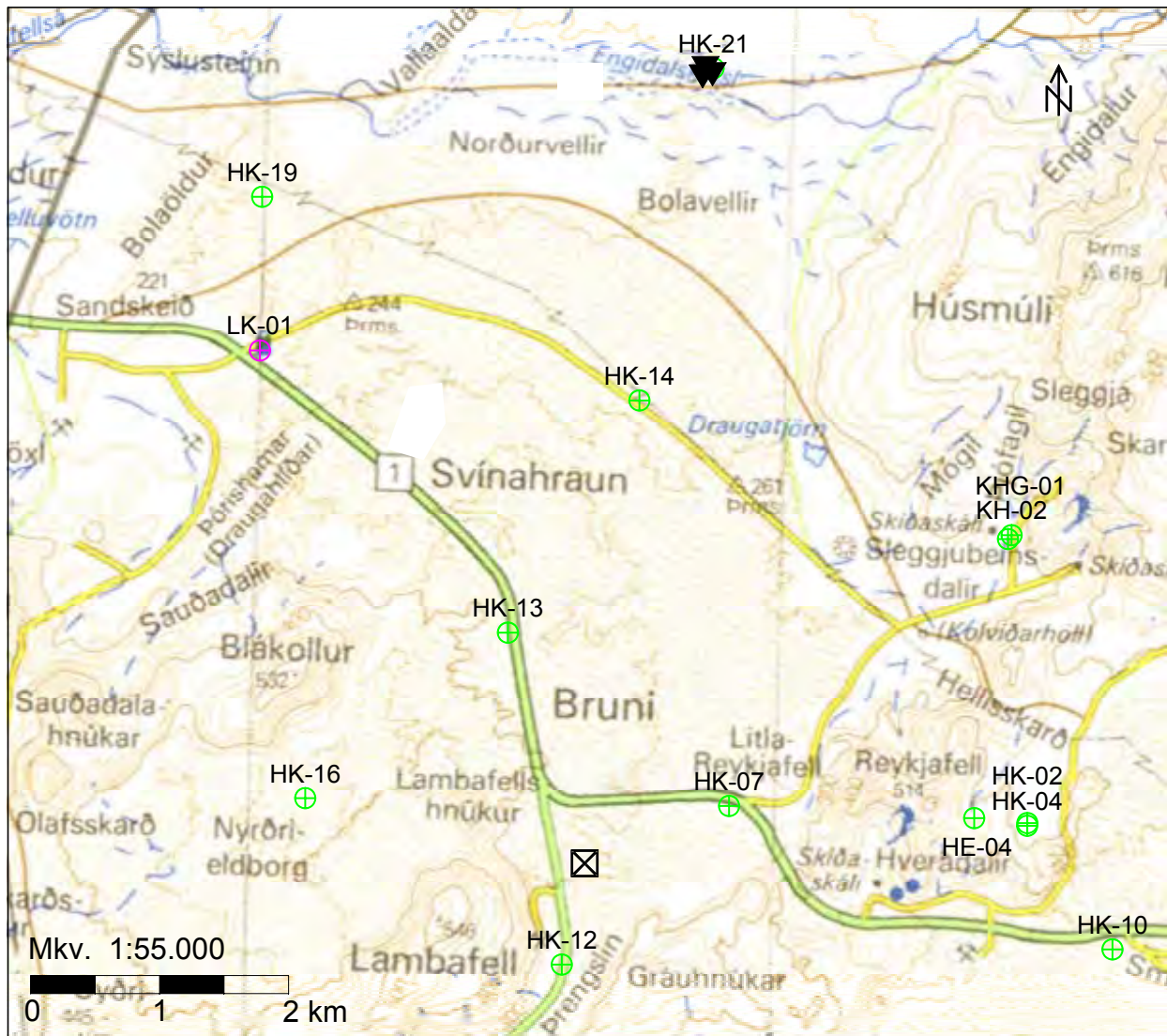


Yfirlitsmynd  
Tilfelli 1-13 og 17-21



- |   |   |   |                                     |
|---|---|---|-------------------------------------|
| ⊕ | Borholur  | ▼ | Niðurrennslisholur Tilfelli 4 og 6  |
| ⊕ | Nýjar borholur á Hengilsvæði  | ▼ | Niðurrennslisholur Tilfelli 5 og 7  |
| ⊗ | Vatnstökuhola   | ▼ | Niðurrennslisholur Tilfelli 17 - 21 |
| ▼ | Niðurrennslisholur Tilfelli 1a, 1b, 2, 3, 8a, 8b, 9, 10, 11a, 11b, 12, 13 og 20 | ▼ | Niðurrennslishola Tilfelli 21       |

Yfirlitsmynd  
Tilfelli 14-16



- ⊕ Borholur
- ⊕ Nýjar borholur á Hengilsvæði

- ⊗ Vatnstökuhola
- ▼ Niðurrenslisholur Tilfelli 14, 15, og 16



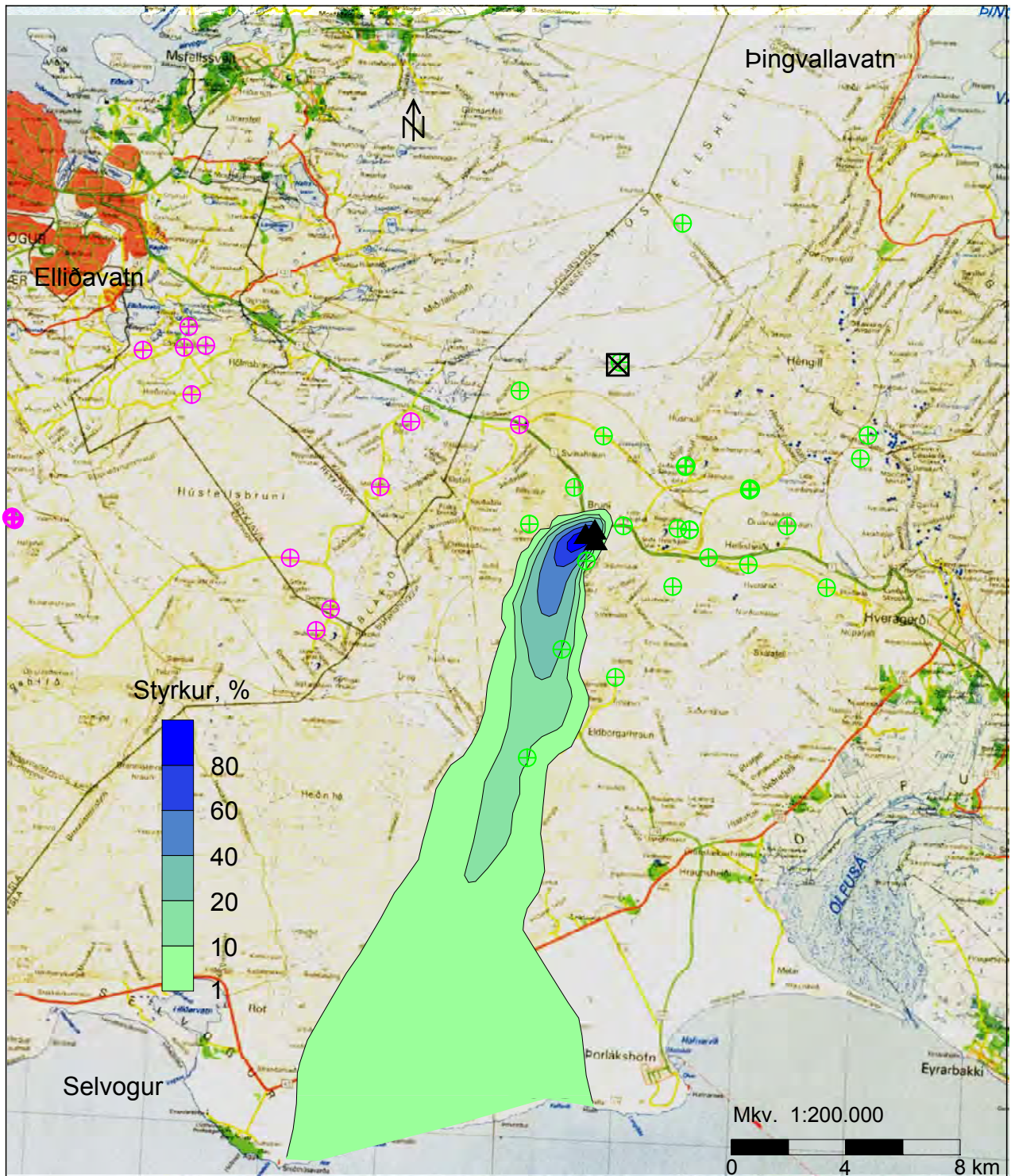
VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

Tilfelli 1a

Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk  
Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi  
Niðurrennsli: 300 L/s á 100 m dýpi



- ⊕ Borholur
- ⊕ Nýjar borholur á Hengilsvæði

- ⊠ Vatnstökuhola
- ▲ Niðurrennslisholur



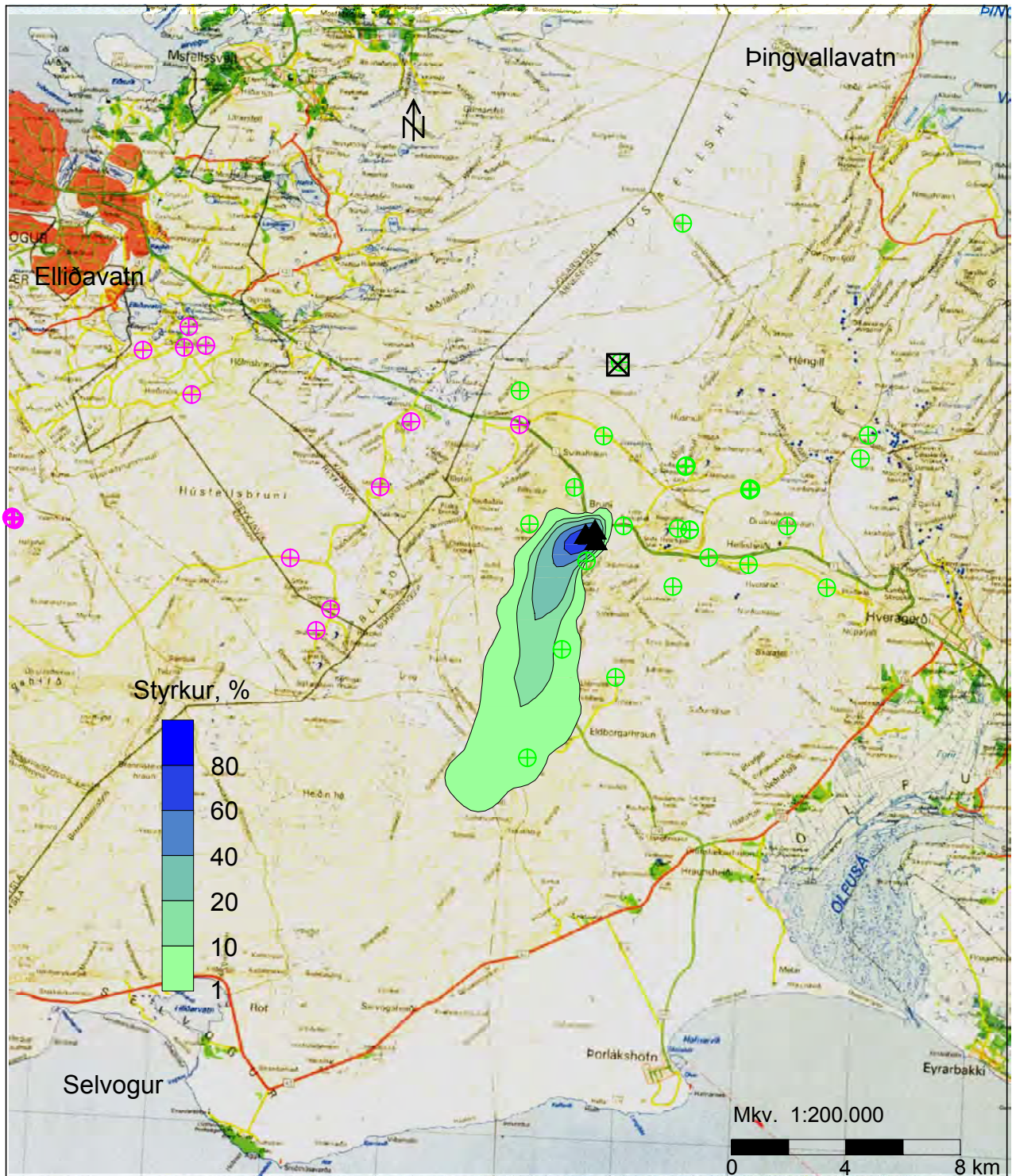
VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

Tilfelli 1b

Reiknaður styrkur á 100 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk  
Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi  
Niðurrennsli: 300 L/s á 100 m dýpi



- ⊕ Borholur
- ⊕ Nýjar borholur á Hengilsvæði

- ⊠ Vatnstökuhola
- ▲ Niðurrennslisholur



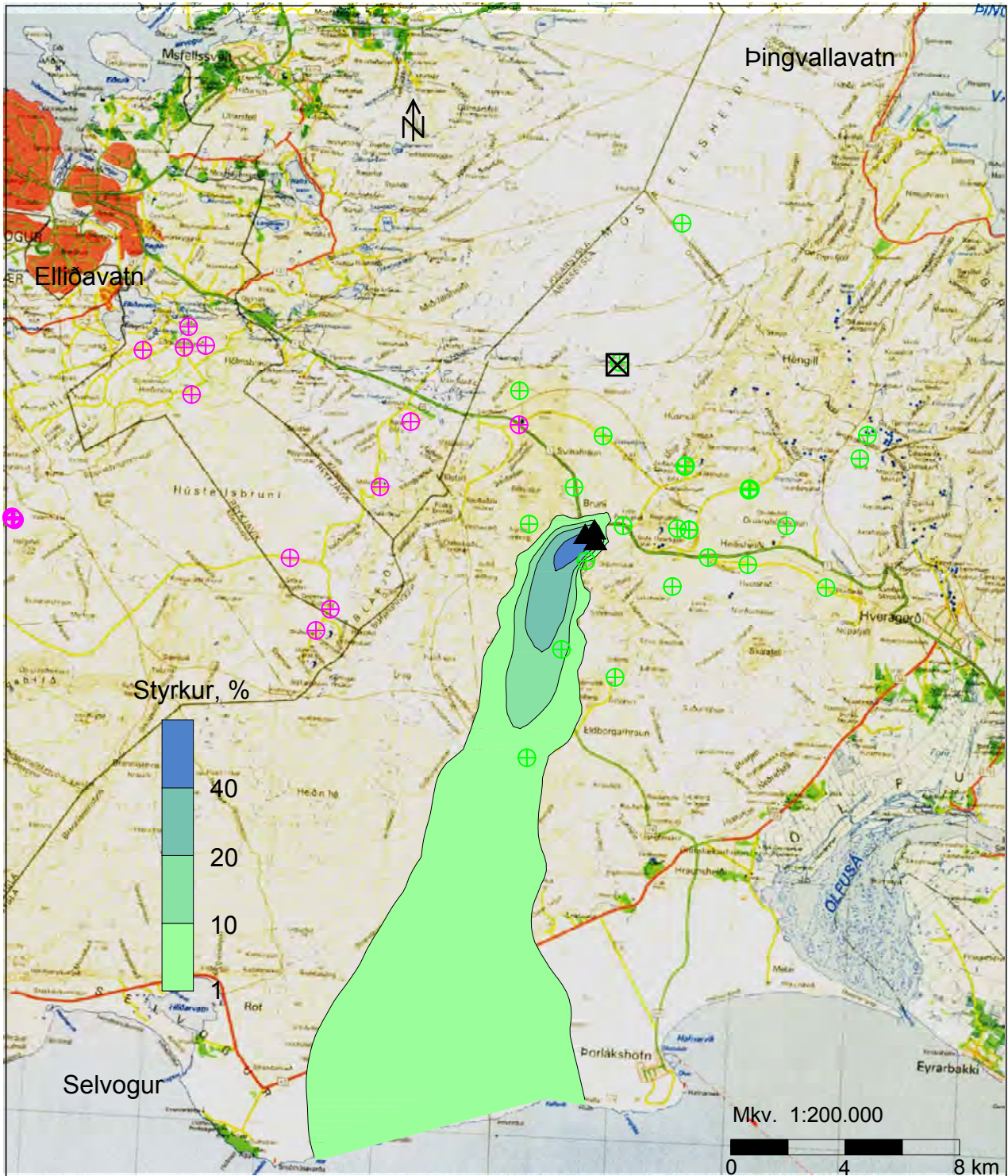
VATNASKIL

HENGILL

ORKUVEITA  
REYKJAVÍKUR

Tilfelli 1b

Reiknaður styrkur á 200 m dýpi sem hlutfall af upphaflegum styrk  
Vatnstaka: 1000 L/s á 70-110 m dýpi  
Niðurrennsli: 300 L/s á 100 m dýpi



- ⊕ Borholur
- ⊕ Nýjar borholur á Hengilsvæði

- ⊗ Vatnstökuhola
- ▲ Niðurrennslisholur

# Gildi landslags á Hengilssvæðinu,

einkum á þeim svæðum sem til greina koma vegna orkuvinnslu

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

Þóra Ellen Þórhallsdóttir  
Líffræðistofnun Háskólans

apríl 2002



# ÁGRIP

- i) Sumarið 2001 tók Líffræðistofnun Háskólans að sér vinnu fyrir undirbúning umhverfismats vegna fyrirhugaðra framkvæmda Orkuveitu Reykjavíkur á Hengilssvæðinu. Vinna Líffræðistofnunar skiptist í nokkra þætti. Hér er greint frá þeim hluta vinnunnar sem snýr að mati á landslagi.
- ii) Markmið vinnunnar var 1) að greina landslagsgildi Hengilssvæðisins og 2) flokka það niður eftir verðmæti og megindráttum landslags. 3) Þá var gerð skoðanakönnun meðal 12 manna hóps útivistarfólks sem notar svæðið mikið og það m.a. beðið að meta notkun svæðisins og verðmæti þess í heild og einstakra hluta þess, sem og áhrif mannvirkja á landslags- og útivistargildi. 4) Beitt var aðferðafræði sem hefur verið þróuð vegna Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma til að greina megingerðir landslags og 5) einnig bandarísku matskerfi (*Scenic Management*) til að meta aðdráttarafl og verðmæti landslags á svæðinu. Umfangi verksins voru settar nokkuð þröngar skorður. Ekki var hægt að gera öllu svæðinu skil og beindist vinna einkum að þeim stöðum sem helst hafa komið til greina vegna orkuvinnslu.
- iii) Svarendur í skoðanakönnuninni töldu Hengilssvæðið hafa mikið gildi vegna landslags. Af 5 útivistarsvæðum á Suðvesturlandi, var gildi Hengilssvæðisins metið næst hæst á eftir Þjóðgarðinum á Þingvöllum.
- iv) Niðurstöður skoðanakönnunarinnar benda til að flestir sækji Hengilssvæðið til langra gönguferða eða skíðaiðkana. Margir kynnast einnig hluta svæðisins frá nýja Nesjavallaveginum og náttúruböð í heitum laugum og lækjum eru vinsæl.
- v) Út frá landslagi má skipta því svæði sem afmarkað var í þessari athugun, í þrennt: a) hraunbreiðu Orustuhóls og Bitru og ræmu sunnan Þjóðvegs 1 frá Lakahnúkum austur fyrir Hverahlíð, b) suðurvestur hluta sem tekur til suðurhlíða Skarðsmýrarfjalls, Stóra og Litla Reykjafjalls, Hveradals, Sleggjubeinsdals og Húsmúla og c) megin svæðið sjálft sem er aflokað, fjöllótt og einkennist af röðum samsíða móbergshryggja með aflokuðum, oft þröngum og afrennslislausum dölum á milli. Aflokaðir, vel grónir og marflatir dalir umluktir bröttum hlíðum eru eitt helsta landslagssérkenni svæðisins. Þessir þrjú meginhlutar svæðisins hafa hver sín sérkenni í landslagi og nýtast á nokkuð ólíkan hátt til útivistar.
- vi) Sléttan við Orustuhólshraun og Bitru og suður fyrir Þjóðveg 1 sker sig frá öðrum hlutum svæðisins hvað varðar landslag og var metið lægst af hópi staðkunnugs útivistarfólks. Það er fremur ógreiðfært yfirferðar en er talsvert notað til skíðagöngu að vetri, og nokkuð af jeppa- og vélsleðamönnum. Þrjár raflínur með stórum möstrum skera svæðið að endilöngu og voru þær taldar rýra verulega landslags- og útivistargildi.
- vii) Suðvesturhluti svæðisins markast af móbergfellum, stökum eða þéttum. Þessi hluti er einnig fyrst og fremst notaður til skíðaiðkana að vetrum en þarna eiga íþróttafélög skála og skíðalyftur. Þá liggur vinsæl og líklega mest notaða gönguleið svæðisins í gegnum Sleggjubeinsskarð og áfram til norðurs um Innstadal og er notuð bæði sumar og vetur. Vinsæl gönguskíðaleið er einnig milli

hrauns og hlíðar. Þessum hluta hefur nú verið raskað verulega. Þrjár raflínur með stórum möstrum liggja þvert yfir svæðið og fara saman niður Hellisskarð. Slóðar liggja þvers og kruss um landið milli Stóra-Reykjafells, Skarðsmýrarfjalls og hraunsins og þar eru margar efnisnámur, ýmist opnar eða illa frágengnar. Telja verður að þessum hluta hafi þegar verið raskað svo mikið að hægt sé að standa svo að frekari framkvæmdum að þær breyti þar litlu um.

- viii) Þriðji, og meginhlutinn, telur fjallendið frá Engidal í vestri og austur að Ölkelduhálsi, en þar voru austurmörk dregin í þessari rannsókn, og frá Vatnsstæði í norðri að Skarðsmýrarfjalli í suðri. Nesjavallavegur og pípa Nesjavallavirkjunar liggja frá Nesjavallavirkjun til vesturs um norðurhluta svæðisins. Vegna þess hvernig landslagi er háttað í nágrenni þeirra, gætir landslagsáhrifa mannvirkja ekki mikið í fjarlægð. Stærstur hluti landsins er óraskaður og án mannvirkja en þó sjást raflínur á sumum stöðum. Í könnuninni kom fram mikil óánægja með hvernig raflínur voru lagðar hjá Ölkelduhálsi.
- ix) Staðkunnugt útivistarfólk taldi allt þetta meginsvæði verðmætt. Þegar spurt var um verðmætustu hluta, nefndu flestir fjallendi og umhverfi Hengilsins sjálfs, dali norðan hans og Hengladali. Í svörum kom einnig fram að landslag vegur þyngst í aðdráttaraflí svæðisins til útivistar.
- x) Allir svarendur næma einn töldu mannvirki á borð við borpalla, pípur og línur rýra landslagsgildi mikið eða mjög mikið. Svarendur töldu einnig almennt að þeir sem ferðast gangandi eða á gönguskíðum séu viðkvæmari fyrir mannvirkjum en þeir sem upplifa landið af vélknúnum farartækjum.
- xi) Þá var gerð tilraun til að beita bandarískri aðferðafræði til að meta aðdráttarafl og landslagsverðmæti svæðisins. Við mat á landslagsfegurð (enska: “*scenic attractiveness*”) er byggt á þeirri forsendu að landslag geti framkallað ánægju, lífsfyllingu, jákvæð lífeðlisleg viðbrögð, minnkað streitu og aukið vellíðan. Fjölmargar rannsóknir hafa reynt að draga fram hvað það er í landslaginu sem vekur þessi viðbrögð. Aðlaðandi landslag er talið vera það sem býður upp á sambland af fjölbreytni (*variety*), litauðgi (*vividness*), dulúð (*mystery*), er heilt (*intactness*) og samfelld (*coherence*), á einhvern hátt einstakt (*uniqueness*), og fólk upplifir með einhvers konar samhljómi (*harmony*), aðlaðandi mynstri (*pattern*) og jafnvægi (*balance*).
- xii) Meginhluti Hengilssvæðisins fær háa einkunn eftir þessu matskerfi. Það er fjölbreytt, litauðugt, og fjölskrúðugt að gróðurfari miðað við önnur útivistarsvæði á suðvesturhorninu. Landið er að mestu heilt og óraskað og myndar samfellu hryggja, dala og tinda. Það býr yfir samhljómi þar sem grænir dalbotnar með hverum, ám eða heitum laugum, umluktir bröttum hlíðum og tindum skapa aðlaðandi mynd. Náttúruböð bjóða einstakt tækifæri til að minnka streitu og auka vellíðan. Síðast en ekki síst má telja dulúð eitt aðal einkenni Hengilssvæðisins: hinir þröngu aflokuðu dalir og tindakraðak bjóða upp á síbreytilegt sjónarhorn og óvænta upplifun þar sem land opnast skyndilega með nýrri mynd.
- xiii) Í heild má álykta að Hengilssvæðið sé eitt verðmætasta útivistarsvæði í nágrenni höfuðborgarsvæðisins.

# EFNISYFIRLIT

	bls.
<b>INNGANGUR</b> .....	5
Um verðmæti landslags .....	5
Verndun landslags og áhrif mannvirkja .....	5
Leiðir til að meta landslag.....	6
Markmið verkefnisins .....	7
<b>AÐFERÐIR</b> .....	8
Landlýsingar .....	8
Skoðanakönnun.....	8
<b>NIÐURSTÖÐUR</b> .....	10
Helstu sérkenni landslags á Hengilssvæðinu.....	10
Útivist og nýting.....	11
1) Staða í samanburði við nálæg svæði .....	11
2) Útivistariðkun.....	12
3) Aðdráttarafl.....	13
Megingerðir landslags á Hengilssvæðinu.....	14
1) Flokkun landslags í megingerðir.....	14
2) Flokkun landslags á Hengilssvæðinu .....	14
Landslagsgildi einstakra hluta.....	31
1) Sjónrænt gildi landslags.....	31
2) Mat staðkunnugra.....	31
3) Mat á landslagsgildi einstakra hluta.....	33
Áhrif mannvirkja á útivist og landslagssupplifun.....	34
<b>SAMANTEKT</b> .....	36
<b>ÞAKKIR</b> .....	37
<b>HEIMILDIR</b> .....	37
<b>VIÐAUKI: Skoðanakönnun um landslag á Hengilssvæðinu</b> .....	39



# INNGANGUR

Sumarið 2001 tók Líffræðistofnun Háskólans að sér vinnu fyrir undirbúning umhverfismats vegna fyrirhugaðra framkvæmda Orkuveitu Reykjavíkur á Hengilssvæðinu. Vinna Líffræðistofnunar skiptist í nokkra þætti, m.a. úttekt á gróðri, fuglum og smádýralífi á jarðhitasvæðum. Hér er greint frá þeim hluta vinnunnar sem tengist mati á landslagi.

## *Um verðmæti landslags*

Mat á landslagi er á flestan hátt erfiðara viðfangs en mat á öðrum þáttum náttúrufræðis, s.s. gróðri eða dýralífi. Verðmæti landslags eru í eðli sínu huglægari: landslagi má lýsa sem stórri, samsettri mynd náttúrufræðis, forma, lita, mynstra, áferðar og útlína. Upplifun af landslagi er persónubundin og samofin ýmsum breytilegum þáttum s.s. veðri eða birtu. Þorvarður Árnason (1992) segir um náttúrusýn að hún verði “til við samruna þess sem raunverulega ber fyrir augu og þess sem sjáandinn telur sig hafa greint”. Það gefur því auga leið að gildi landslags er hugtak sem erfitt er að höndla og meta.

Samt sem áður er það almennt viðtekið að það að upplifa landslag sé mannum mikils virði. Í nýlegum sáttmála Evrópuráðsins um landslag (*European Landscape Convention 1999*) er vikið að menningarlegu, vistfræðilegu, félagslegu og umhverfislegu mikilvægi landslags. Í sáttmálanum segir m.a. að landslag sé einn hornsteinn náttúru- og menningararfleifðar Evrópu og það er talið mikilvægur þáttur af lífsgæðum Evrópubúa, og upplifun þess lykilatriði fyrir velferð einstaklinga og samfélags.

Íslenskt landslag er samofið menningu og þjóðarvitun Íslendinga (Þorvarður Árnason 1992). Landslag hefur alltaf verið áberandi í íslenskum sagnaheimi, í íslenskri ljóðagerð og nú síðast í íslenskri kvikmyndagerð. Fyrirtæki hafa gjarnan tengt ímynd sína landslagi og landslag er mikið notað til að auglýsa Ísland og íslenskar vörur erlendis. Ýmislegt bendir jafnvel til að landslag sé mikilvægara íslendingum en öðrum þjóðum: nýleg skoðanakönnun sýndi að landslag var það sem íslendingar töldu öðru frammar vera tákinn sinnar þjóðar (Þorvarður Árnason 2002, í undirbúningi). Landslag lenti þar ofar en saga, tunga eða menningarlíf. Þetta er athyglisvert, m.a. í ljósi þess að í sömu könnun lenti landslag ofarlega, en ekki efst, hjá Svíum og Dönum.

## *Verndun landslags og áhrif mannvirkja*

Í íslenskum lögum er að finna ákvæði um verndun landslags en þau eru fá og um sumt óskýr.

Við endurskoðun laga um náttúruvernd (nr. 44 1999) var bætt inn kafla um landslagsvernd (V. kafli). Í honum er m.a. fjallað um framkvæmdir sem breyta ásjón lands og segir (35. gr.) að við hönnun mannvirkja skuli þess gætt að þau falli sem best að svipmóti lands. Í 37. gr. eru taldar upp landslagsgerðir sem njóta skulu sérstakrar verndar. Það sem talið er upp undir landslagsgerðum er á hinn bóginn ekki það sem almennt myndi flokkast sem landslag. Upptalningin felur annars vegar í sér það sem kalla má einstök og afmörkuð fyrirbæri í landi (eldvörp, gervigígur og eldhraun, fossar, hverir og aðrar heitar uppsprettur) en hins vegar fyrirbæri sem fyrst og fremst

hafa verndargildi vegna lífríkis (stöðuvötn og tjarnir, mýrar og flóar, sjávarfitjar og leirur). Á 127. löggjafarþing 2001–2002 var samþykkt breyting á 37. gr. laganna (Lög nr. 140 21. desember 2001), þannig að þar sem vísað var til “*landslagsgerða*” í lögnum frá 1999, stendur nú “*jarðmyndanir og vistkerfi*”, eða eins og sagði í athugasemdum með frumvarpinu: “*Ekki þykir rétt að skilgreina þessi náttúruþyrirbæri sem landslagsgerðir þar sem landslag hefur verið skilgreint sem form og útlit náttúrunnar og tekur þannig til útlits og ásýndar lands, þ.m.t. lögunar þess, áferðar og líta*”. Ekki er að öðru leyti vikið að landslagi í náttúruverndarlögum.

Vísan til landslags er einnig nokkuð óskýr í lögum um mat á umhverfisáhrifum (nr. 106, 2000). Í 3. gr. kemur fram að landslag er talið hluti umhverfis en landslag sem hugtak er ekki frekar skilgreint. Í III kafla, 6. gr., er fjallað um framkvæmdir sem kunna að vera háðar mati á umhverfisáhrifum og eru slíkar framkvæmdir taldar upp í 2. viðauka. Í 3. viðauka er fjallað um það sem Skipulagsstofnun ríkisins skuli leggja til grundvallar þegar hún sker úr um hvort framkvæmd skv. 2. viðauka skuli fara í mat. Undir 2. lið eru talin upp þau atriði sem snerta staðsetningu framkvæmdar sem líta þarf til og undir lið iv) álagsþol náttúrunnar er tilvísun til landslagsheilda (e). Ekki er frekar skilgreint hvað átt er við með landslagsheildum.

Af ofangreindu má vera ljóst að verndun landslags hefur litla beina stoð í íslenskum lögum. Reyndin hefur einnig verið sú að landslag hefur ekki verið tekið með beinum hætti inn í mat á umhverfisáhrifum. Fyrir utan óskýran og veikan lagaramma, hefur sjálfsagt einnig skipt máli hversu erfitt er að meta landslag á hlutlægan hátt. Þó hafa ýmsar aðferðir verið þróaðar erlendis en þær hafa, enn sem komið er, lítt verið reyndar hér á landi. Sumar aðferðanna munu ekki henta íslensku landslagi vegna þess hver sérstætt það er. Erlendar aðferðir eru flestar þróaðar fyrir algróið land þar sem gróður ræður mestu um líti, mynstur og áferð í landi. Flestar eru líka miðaðar við einhvers konar menningarlandslag þar sem byggingar og önnur mannvirki eru oft mikilvægir fókuspunktar í landi og mismunandi nýting lands ræður mestu um mynstrið sem myndast, þ.e. form í landi, skala mynsturs og litbrigði. Hér á landi eru jarðfræðileg fyrirbæri óvenju mörg, fjölbreytt og sýnileg og það mynstur sem oftast sést í íslensku landslagi er býsna frábrugðið hvað varðar stærð, eðli, og lögun og endurtekningu en það sem einkennir menningarlandslag Evrópu.

Sérstaða íslensks landslags orsakast af mörgum þáttum. Einn sá mikilvægasti er skógleysið en opin ásýnd og víðsýni eru eitt helsta einkenni íslensks landslags. Annað sem gefur íslensku landslagi sérstakt gildi er að það er sem opin bók í landmótunarfræðum; óvíða annars staðar í heiminum er hægt að sjá svo skýrt hvernig öll fjögur meginöfl jarðar; vindur, vatn, eldar og ís, móta land. Á Íslandi er ekki hægt að fela mannvirki með skógi og þau verða oft mjög áberandi, falla gjarnan illa að formum landsins, og sjást langt að. Hér á landi skiptir því meira máli en víða erlendis að fella þau eins vel að landi og kostur er.

#### *Leiðir til að meta landslag*

Ýmsar aðferðir hafa verið þróaðar fyrir mat á landslagi. Stundum er markmiðið að greina megindrætti eða eiginleika landslags (*landscape character*), stundum að greina eða flokka svæði eftir landslagsfegurð (*scenic attractiveness*), stundum að skilgreina eða flokka svæði eftir mati á því hvort þau séu heil eða röskuð (*scenic integrity*) eða skilgreina eða finna mikilvæga staði, gjarnan útsýnisstaði (*focal points, place attachment*). Við mat á upplifun manna af landslagi eru einnig farnar nokkrar leiðir sem ýmist leggja áherslu á eiginleika landslagsins sjálfs eða þau hughrif



sem upplifunin framkallar. Þá má nefna að ýmist er notast við mat sérfræðinga (*expert based*) eða almennings sem þá er fengið með skoðanakönnunum og/eða viðtölum (*constituent based*).

### *Hengilssvæðið*

Hengilssvæðið er eitt þeirra lítt snortnu útivistarsvæða sem íbúar á höfuðborgarsvæðinu eiga kost á að njóta í dagsferðum. Það er á náttúruminjaskrá og þar er náttúruverndargildi þess skilgreint svo “Stórbrotið landslag og fjölbreytt að jarðfræðilegri gerð, m.a. jarðhiti”. Mörk náttúruminjasvæðisins eru dregin eftir vatnasviði Grændals, Reykjadal og Hengladölum, “ásamt Marardal og Engidal norðan Húsmúla. Að sunnan liggja mörk um Skarðsmýrarfjall, Orrustuhól og Hengladalsá að Varmá” (Náttúruminjaskrá, 7. útgáfa 1996, bls. 48).

Hengilssvæðið býður upp á fjölbreytta útivistariðkun bæði sumar og vetur. Ekki liggja fyrir neinar tölur um fjölda gesta en viðmikið kerfi göngustíga hefur verið lagt um svæðið (125 km alls skv. Gísla Gíslasyni og Yngva Þór Loftssyni 1997). Einnig hefur verið gefin út ágætis lýsing á svæðinu fyrir göngufólk (Sigurður Kristinsson og Kristján Sæmundsson 1996). Þá er stutt lýsing á svæðinu í Árbók Ferðafélags Íslands 1936 og í undirbúningi er árbók helguð svæðinu.

### *Markmið verkefnisins*

Eins og áður var vikið að, hefur landslag mjög sjaldan verið tekið með í mati á umhverfisáhrifum framkvæmda hér á landi. Í þau fáu skipti sem það hefur verið reynt, virðist matið yfirlétt ekki byggt á skilgreindri aðferðafræði.

Markmið þessa verkefnis var tvíþætt: 1) að flokka Hengilssvæðið niður eftir megindráttum í landslagi og 2) greina hvaða hlutar þess hafa mest gildi vegna landslags, einkum á þeim svæðum sem helst koma til greina fyrir orkuvinnslu. Verkefninu voru settar nokkuð þröngar skorður og hér er ekki reynt að gefa yfirlit um landslag á Hengilssvæðinu öllu. Eftir að útivinnu lauk sl. haust, var ákveðið að bæta við verkefnið skoðanakönnun þar sem leitað yrði til staðkunnugra á svæðinu og þeir beðnir um að meta mikilvægi landslags á svæðinu og mikilvægi einstakra hluta þess. Einnig var í skoðanakönnuninni leitað eftir mati viðkomandi á því hvað það væri sem helst gæfi landinu gildi fyrir útivist, hversu verðmætt það væri í samanburði við önnur útivistarsvæði á eða við suðvesturhorn landsins og hvaða áhrif mannvirki hefðu af upplifun útivistarfólks af landslagi.

## AÐFERÐIR

Við vinnuna voru notaðar loftmyndir (fengnar hjá Orkuveitu Reykjavíkur), ljósmyndir teknar sumarið 2001 og eldri myndir, landlýsingar voru unnar á staðnum og að lokum var send út skoðanakönnun til valins hóps staðkunnugra sem allir hafa stundað útivist á Hengilssvæðinu um árabíl.

### *Mörk svæðisins*

Í samráði við Orkuveitu Reykjavíkur voru mörk svæðisins dregin sem hér segir: suðurmörk við Hverahlíð og Lakahnúk, vesturmörk dregin frá Lakahnúk til norðurs vestan Húsmúla og Engidals. Norðurmörk við Vatnsstæði og þaðan til austurs í átt að Nesjavöllum. Austurmörk voru dregin að Hrómundartindi, Dalshnúk og Ölkelduhálsi en þaðan til suðvesturs og að Hverahlíð (1. mynd). Frá suðurhlíð Stóra Reykjafells og að Vatnsstæði eru um 10 km en frá Engidal og austur að Ölkelduhálsi eru 6,5 km. Svæðið er ca 16 km á lengd NS en mun mjórra á AV kantinn, eða allt að ca 6 km.

### *Landlýsingar*

Hengilssvæðið var skoðað í 4 ferðum, einni í júní, tveimur í ágúst og einni í september 2001. Farið var um suðurhluta svæðisins frá Húsmúla austur fyrir Reykjafell, um Hengladali frá Skarðsmýrarfjalli og inn að Kýrgili, og um norðurhluta svæðisins frá Dyradal og austur að Nesjavöllum.

Á helstu svæðum var landslagi lýst eftir viðmiðum sem notuð voru við flokkun lands í megingerðir og ljósmyndir teknar.

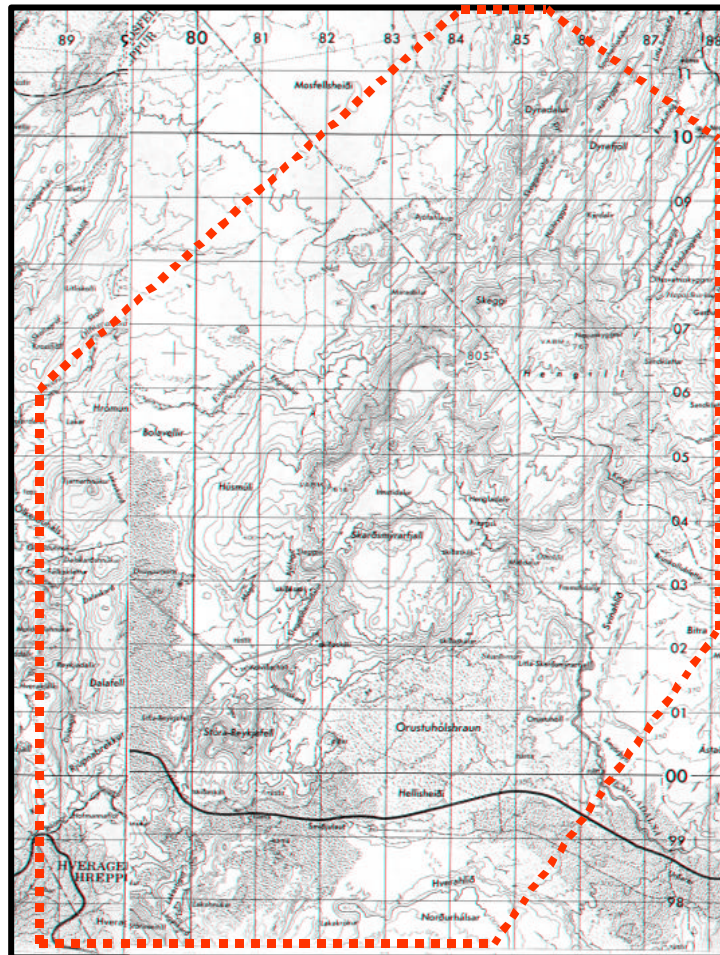
### *Skoðanakönnun*

Ákveðið var að leita til fólks sem sótt hefur svæðið um árabíl og gjörþekkir það. Til að fá finna slíkt fólk, var haft samband við framkvæmdastjóra Ferðafélags Íslands og Útivistar, og forsvarsmenn hjá Alpaklúbbnum og skátum sem eiga skála á svæðinu. Þá voru kunnugir beðnir um að stinga upp á nöfnum. Reynt var að hafa hópin breiðan, karla og konur úr ólíkum áttum og á misjöfnum aldri. Aldur þátttakenda hefur líklega spannað frá um 35 ára til sjötugs en yngra fólk vantaði. Alls var byrjað með um 20 nöfn en ekki náðist að hafa upp á öllum. Sendir voru spurningalistar til 15 manns en af þeim skiluðu sér 12. Spurningalistinn er sýndur í viðauka 1.

### *Úrvinnsla*

Við úrvinnslu og túlkun var annars vegar byggt á erlendri aðferðafræði og nálgun, einkum bandarískri (sjá einkum Landscape Aesthetics. A Handbook for Scenery Management 1995, Steinitz 1990), en einnig enskri (Landscape Assessment Guidance frá Countryside Commission 1993). Þá var beitt aðferðafræði sem þróuð hefur verið á vegum faghóps 1 um náttúruvernd og minjar innan Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma og miðar að flokkun íslensks landslags í megingerðir. Þessi aðferð er enn í þróun og var fyrst og fremst hugsuð til að greina á milli helstu

landslagsgerða á miðhálandi Íslands. Hér er í raun verið að beita aðferðinni á fínni skala eða á fínni blæbrigði landslags en aðferðin var upphaflega hönnuð fyrir og verður að hafa það í huga þegar niðurstöðurnar eru túlkaðar.



1. mynd. Mörk svæðisins sem spurningakönnunin náði til.

# NIÐURSTÖÐUR

## Helstu sérkenni landslags á Hengilssvæðinu

Hengilssvæðið er fjöllótt og mjög mótað af eldvirkni. Meginlínur í landi eru dregnir af röðum eldhryggja sem liggja í ríkjandi sprungustefnu frá suðvestri til norðausturs (1. ljósmynd). Hryggirnir eru úr móbergi og orðnir til við gos á ísöld. Hengillinn sjálfur er megineldstöð en önnur megineldstöð, Hveragerðiseldstöð, er austar og sunnar. Landið dregst upp frá í jöðrum svæðisins í mikinn fjallabálk, Hengil. Hann er hæstur um miðjuna þar sem Skeggi rís upp í rétt ríflega 800 m hæð, en sléttan vestan Húsmúla og Engidals liggur í undir 200 m hæð. Um frekari lýsingar á landslagi og náttúrufari er vísað til Sigurðar Kristinssonar og Kristjáns Sæmundssonar (1996) og Gísla Gíslasonar og Yngva Þórs Loftssonar (1997).



1. ljósmynd. Horft yfir norðurhluta Hengilssvæðisins til austurs.

ÞEP 2001

Landfræðilega er svæðið nokkuð vel afmarkað. Vesturmörk eru glögg þar sem fjalllendinu sleppir og ávöl Mosfellsheiðin tekur við, og sunnar flatar hraunbreiður. Syðstu mörk mætti draga að Skarðsmýrarfjalli og Orrustuhól eins og gert er í náttúruminjaskrá. Sé litið til útivistar er eðlilegt að telja Orrustuhólshraun með og flatlendið sunnan þjóðvegs 1. Í spurningakönnuninni voru mörkin dregin að Skálafelli í suðri og þaðan að Reykjadölum og Hrómundartindi. Síðan er sjálfsagt matsatriði

hvar austurmörkin ætti að draga. Hér voru þau dregin lengst að Reykjadölum og Hróðmundartindi og réðu því praktísk sjónarmið en ekki landfræðileg.

Vatn er almennt ekki mikið áberandi á Hengilssvæðinu. Suðurhlutinn er mjög þurr og sáralítið vatn á yfirborði. Stöðuvötn eru engin og tjarnir fáar. Sumir dalanna eru þurrir en eftir öðrum liðast lækir og litlar ár.

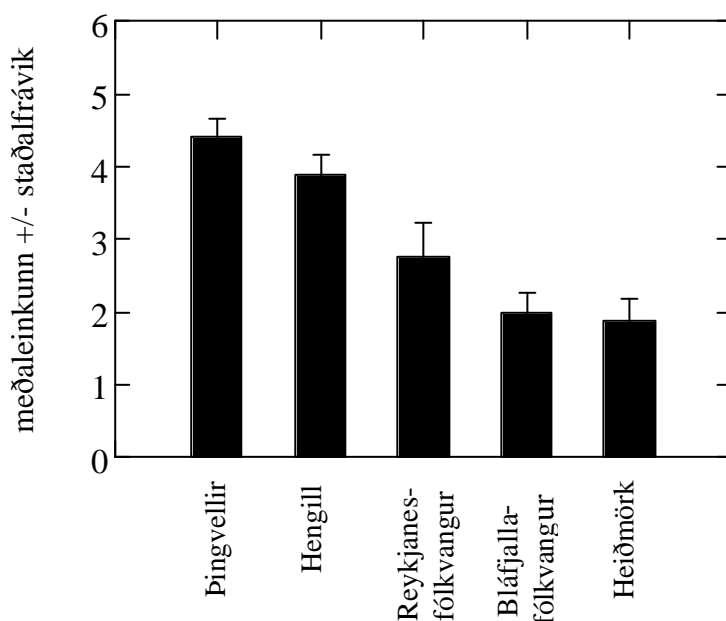
Norðurhluti svæðisins er mun hrikalegri en suðurhlutinn með hærri fjöllum, brattari hlíðum, og þar liggja hryggirnir þéttar og dalirnir því þrengri.

## Útivist og nýting

### 1) Aðdráttarafl og staða miðað við önnur útivistarsvæði á suðvesturhorninu

Valin voru 4 svæði til samanburðar sem eiga það sameiginlegt að vera á einhvern hátt skipulögð eða ráðstafað til útivistar og eru í dagsferðarfjarlægð frá höfuðborgarsvæðinu: Þjóðgarðurinn á Þingvöllum, Bláfjallafólkvangur, Reykjanesfólkvangur og Heiðmörk. Spurt var um landslagsgildi svæðanna og þátttakendur beðnir um að raða þeim frá hæsta til lægsta gildis.

Hengilssvæðið var talið hafa næst mest gildi vegna landslags, á eftir Þingvallapjóðgarði (2. mynd). Þriðja hæsta svæðið var Reykjanesfólkvangur, en meðaleinkunn Bláfjallafólkvangs og Heiðmerkur var svipuð.



2. mynd. Meðaleinkunn svæða (+/- staðalfrávik meðaltals) fyrir landslag. Há einkunn endurspeglar hátt gildi vegna landslags.

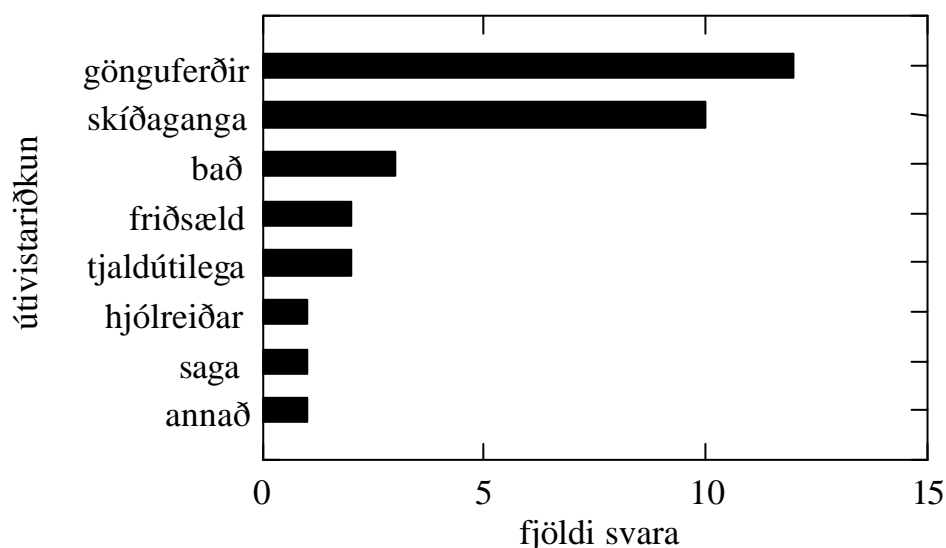
## 2) Útivistariðkun

Eins og sjá má af 3. mynd, stundaði meirihluti svarenda í könnuninni Hengilssvæðið til gönguferða og skíðaiðkana. Allir sem spurðir voru nefndu a.m.k. annaðhvort skíðaferðir eða gönguferðir. Þrír nefndu náttúruböð og tveir sögðust sækja svæðið vegna friðsældar og/eða fyrir sjónræna upplifun. Tveir svarendur sögðust tjalda, einn stundaði hjólreiðar og einn sagðist sækjast eftir því að upplifa sögu svæðisins.

Af svörunum er ljóst að þátttakendur eru nokkuð einsleitir hópur. Gera má ráð fyrir að svörin endurspegli viðhorf þeirra sem stunda álíka útivist en af 4. mynd má reyndar sjá að svarendur telja þá tegund útivistar (þ.e. gönguferðir, gönguskíðaferðir) vera langmikilvægasta á svæðinu.

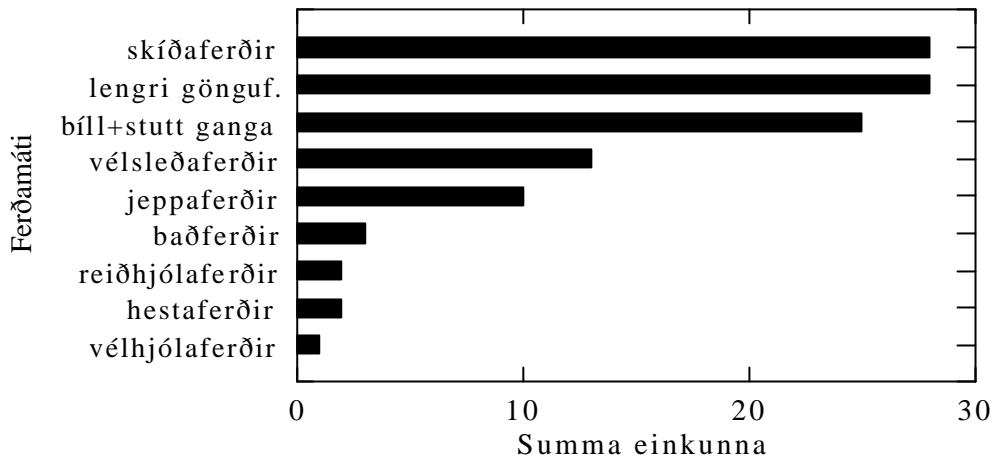
Úrtakið nær ekki til þeirra sem stunda annars konar íþróttir eða útivist á Hengilssvæðinu. Í þeim hópi eru þeir sem ferðast á vélsleða og sækja svæðið að vetri, einkum suðurhluta þess, svo og jeppamenn en þeir eru þó bundnir við jaðra svæðisins og geta tæpast talist þungavigtarhópur fyrir svæðið í heild. Könnunin nær ekki heldur til þess hóps fólks sem upplifir svæðið fyrst og fremst í bíl með stuttum gönguferðum (“sunnudagsbíltúrafólk”). Það verður þó að teljast líklegt að svæðið hafi mun minni þýðingu fyrir þann hóp gesta, m.a. vegna þess að þeir sjá aðeins lítinn hluta svæðisins og dvelja líklega skemur en hinir. Í heild má telja að könnunin gefi mynd af skoðunum þess hóps fólks sem mest sækir svæðið (oftast og dvelur lengst) og mætti kalla “trygglynda gesti”.

Að mati svarenda í könnuninni sækja flestir Hengilssvæðið til að fara á skíði eða í langar gönguferðir (4. mynd). Í þriðja sæti voru bílferðir með stuttum gönguferðum. Annars konar iðkun fékk mun lægri einkunn, vélsleða- og jeppaferðir voru í 5. og 6. sæti, og einnig voru nefnd náttúruböð, reiðhjóla- og hestaferðir og vélhjólaferðir.



3. mynd. Útivistariðkun svarenda í könnuninni á Hengilssvæðinu.



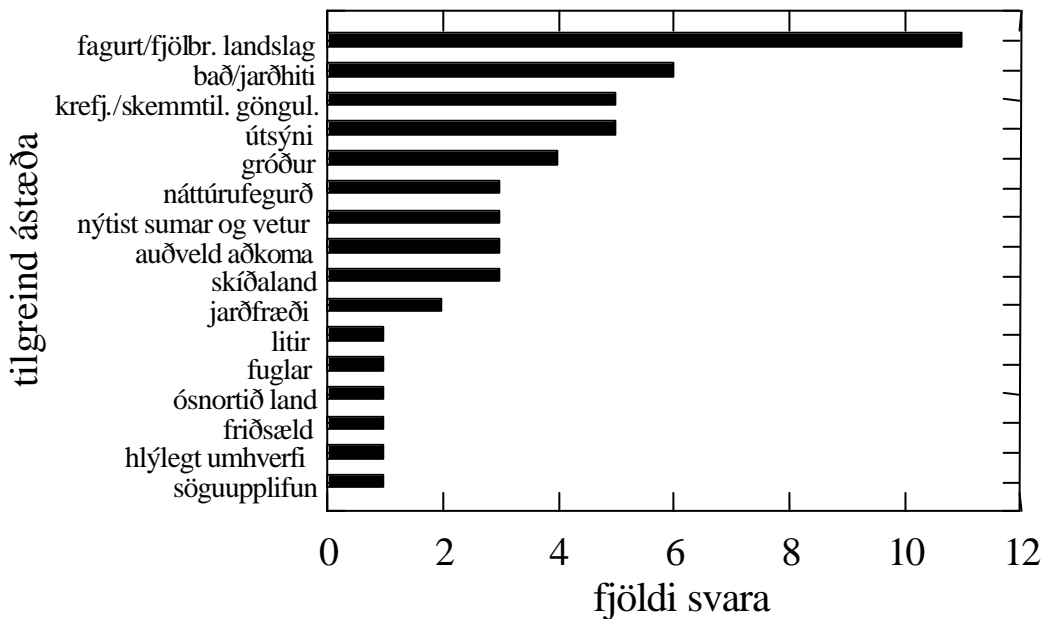


4. mynd. Útivistariðkun og ferðamáti á Hengilssvæðinu, raðað eftir mikilvægi. Svarendur í skoðanakönnun gáfu einkunn fyrir mikilvægi frá 1 (ekki mikilvægt) upp í 3 (mikilvægt). Súlurnar sýna summu einkunna fyrir hvert viðfang.

### 3) Aðdráttarafl Hengilssvæðisins

Í skoðanakönnuninni var spurt um aðdráttarafl Hengilssvæðisins. Ekki voru tilgreindir ákveðnir svarmöguleikar en þátttakendum boðið að svara með sínum eigin orðum.

Allir nema einn nefndu fagurt eða fjölbreytt landslag (5. mynd) sem eitt helsta



5. mynd. Aðdráttarafl Hengilssvæðisins að mati staðkunnugs útivistarfólks.

aðdráttarafi svæðisins. Fleiri atriði voru nefnd sem tengjast beint eða óbeint landslagi og landslagsupplifun, s.s. útsýni, náttúrufegurð, litauðgi, ósnortið land, friðsæld og hlýleiki í umhverfi. Aðrar ástæður tengdust ýmist náttúruskoðun (jarðfræði, jarðhiti, fuglar og gróður), eða útivistariðkun (náttúruböð, krefjandi eða skemmtilegar gönguleiðir, skíðaland, nýttist sumar og vetur) og auðveldri aðkomu að svæðinu. Einn svarenda nefndi söguupplifun.

## Megingerðir landslags á Hengilssvæðinu

### 1) Flokkun landslags í megingerðir

Flokkun landslags í megingerðir, sem þróuð hefur verið innan faghóps I í Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma, byggir á sjónrænum og hlutlægum viðmiðum. Ekki felst í flokkuninni neitt fagurfræðilegt mat á gildi landsins eða upplifun af því. Kostir slíks flokkunarkerfis eru ýmsir. Það leyfir sundurliðun á þeim sjónrænu þáttum sem ráða yfirbragði lands og sérkennum. Það má nota til að átta sig á því hvort tiltekna landslagsgerðir séu algengar eða fágætar. Það má nota til að skilgreina lík eða áþekk svæði, átta sig á því hvað greinir þau í sundur og niðurstöður geta nýst í frekari vinnu ef þarf að forgangsraða svæðum t.d. vegna nýtingar eða friðunar. Eins og getið var að framan, er aðferðin fyrst og fremst hugsuð til að greina megingerðir í landslagi.

Fjórtnán viðföng eru skilgreind (Tafla 1) sem ýmist lýsa á einhvern hátt formum, litum, áferð eða mynstri í landi, eða hvernig sjónarhorn þess sem í landinu stendur er takmarkað (sjóndeildarhringur). Tvö viðföng, andstæður og hrikaleiki, eru samsett. Landi eru síðan gefnar einkunnir sem byggjast á andstæðum (nálægur/-fjarlægur, lítið/mikið, smátt/stórt, einsleitt/fjölbreytt). Af töflu 1 má sjá að mörg viðfanganna fela í sér einhvers konar mat á fjölbreytni: 2) breytileiki í hæð, 6) fjölbreytni í gróðurfari, 7) mikil litbrigði, 8) smátt mynstur í landi, 9) fjölbreytt áferð, 10) vatn mikið áberandi og 11) straumþungi og rennsli vatns fjölbreytt.

### 2) Flokkun landslags á Hengilssvæðinu

Hengilssvæðinu var skipt upp í 7 hluta: 1) **suðvesturhluti** (Sleggjubeinsdalur, Hveradalir, Stóra Reykjafell að Skarðsmýrarfjalli), 2) **vesturhluti** (Húsmúli, Engidalur, vesturhlíðar), 4) **miðhluti** (Hengill sjálfur, Skeggi, Hengladalir), 5) **norðurhluti** (Dyradalur, Vatnsstæði, til austurs að Nesjavöllum), 6) **austurhluti** (matíð nær einungis yfir Ölkelduháls og nágrenni), 7) **suðurhluti** (Orustuhólshraun og Bitra og ræman sunnað þjóðvegs að Hverahlíð). Þessi skipting endurspeglar aðgreiningu sem kom fram hjá svarendum í könnuninni þegar spurt var um verðmestu og verðminnstu hluta svæðisins en hún endurspeglar einnig ólíka megindrætti í landslagi. Hverjum hluta var síðan gefin einkunn fyrir eiginleikana 12 (Tafla 2).

Tafla 1. Eiginleikar og viðmið fyrir sjónræna flokkun landslags í megingerðir. Þóra Ellen Þórhallsdóttir ( í undirbúningi 2002).

eiginleiki	nr	mælikvarði	dæmi
sjóndeildarhringur	1	nálægur – fjarlægur 1 – 5	fjöllótt land - háslétta
breytileiki í hæð	2	lítill – mikill 1 – 5	slétta – fjöllótt land
útlínur lands	3	ávalar – hvassar/beinar 1 – 5	öldótt háslétta – tindakraðak
endurtekin form	4	engin - já, mjög áberandi 1 – 5	t.d. gígaraðir, eldhryggir, öldur
gróður	5	lítill – mikill 1 – 5	auðnir – algróið land
	6	einsleitur – fjölbreyttur 1 – 5	eitt gróðurlendi– mósaík ólíkra gróðurlenda
litbrigði	7	lítill – mikill 1 – 5	blágrýti – líparít
mynstur	8	grófmynstrað – smámynstr. 1 – 5	víðáttumiklir melar eða sandar – land sem er mósaík ólíkra bletta
áferð	9	einsleit – fjölbreytt 1 – 5	sandar – hraun lygnt – strítt vatn
	10	slétt – hrjúf 1 – 5	sandur – hraun graslendi - kjarr
vatn	11	lítið – mikið áberandi 1 – 5	þurrar auðnir - land m/ám, tjörnum, vötnum
	12	lítill – mikill straumþungi 1 – 5	stöðuvötn – flúðir, fossar
andstæður	13	litlar – miklar 1 – 5	samsett úr 2, 6, 7, 8, 9, 11, + jarðhiti og/eða jöklar
hrikaleiki	14	lítill - mikill 1 – 5	2, 10, 12, hamrar, gljúfur, jöklar

Fyrir ferðalang um göngustíga Hengilssvæðisins er sjóndeildarhringurinn alla jafna nálægur. Þó er t.d. víðsýnt til vesturs frá vesturhlíðum svæðisins (6. ljósmynd) og sjóndeildarhringurinn á sléttunni við Orrustuhólshraun og Bitru afmarkast af fjöllum í nokkurra km fjarlægð en á milli sést mun lengra.

Útlínur lands á fjalllendi Hengils eru oft fremur beinar eða hvassar en mjúkar annars staðar, einkum á suðurhluta svæðisins (Tafla 2). Í heild býr svæðið yfir verulegri litauðgi og fjölbreytni í áferð (sjá t.d. 15. ljósmynd). Bergið er grátt að lit en á milli eru rauðir litir og brúnir og það litróf sem tengist jarðhita (10. mynd). Fjölbreytni í gróðurfari endurspeglast einnig í fjölbreytni í lit: hraungambri (*Racomitrium lanuginosum*) sem er ríkjandi á hraununum og sums staðar á hryggjum og höfðum er ljós-grágrænn að lit (18.-20. & 22.-23. ljósmynd), votlendisgróður í sumum dalanna er skærgrænn (13. ljósmynd) og raunar er safaríkur og sterkur grænn litur eitt helsta aðal dalanna (t.d. 17. & 21. ljósmynd). Á milli er svo þurrara gulgrænt

graslendi í dalbotnum og sums staðar lynggróður. Rauðbrúnn jarðvegur er afhjúpaður í rofskellum og hærra í hlíðum (19. - 20. ljósmynd).

Áferð lands er einnig býsna fjölbreytt. Þar skiptist á hrjúft yfirborð kletta og höfða (10. ljósmynd), á suðurhluta svæðisins eru úfin hraun (24. ljósmynd), sums

Tafla 2. Sjónrænt mat á landslagi á Hengilssvæðinu. Sjá Töflu 1 fyrir útskýringu á hvað felst í dálkunum.

	sjóndeildarhringur	breytileiki í hæð	útlínur lands	endurtekin form	gróðurþekja	fjölbreytni gróðurs	litbrigði	mynstur	áferð, fjölbreytni	áferð, hrjúfleiki	vatn	andsæður	hrikaleiki
SV hluti: S-Reykjaf. Hveradalir, Sleggjubeinsdalur	1-3	2	1-3	1	2-3	1-2	2	2	3	2	1	3	2
Vesturhluti: Húsmúli–Engidalur	1-4	3	1	1	3	3	3	3	3	2	2-3	3	2
Miðhluti: Hengladalir - Skeggi	1	5	2-4	3	2-5	5	5	5	5	2-3	3-4	5	5
Norðurhluti: Dyradalur–Nesjav.	2	3	2-3	3	2-4	3	4-5	4-5	4	2-3	2	4	3
Austurhluti: Ölkelduháls & nágr.	1	3	2-3	1	2-4	3-4	4	4-5	3-4	2	2-3	3-4	2
Suðurhluti: Bitra-Orustuhólshraun	4	1	1	1	1-2	1	1	1	1-2	4	1	2	1

staðar eru sérkennileg vindSORfin form (7. ljósmynd), og þá hefur t.d. snjóðældagróður með smárunnum aðra áferð en graslendi, eins og sést t.d. á leiðinni milli hrauns og hlíðar. Fjölbreytni birtist einnig í því að landið, að suðurhlutanum undanskildum, einkennist af smágerðu eða fíngerðu mynstri (t.d. 8. 11. 12. ljósmynd). Straumvötn er ekki mikið áberandi á Hengilssvæðinu ef frá er talin Hengladalsá. Þó setur rennandi vatn og sums staðar laugar, mjög svip á Hengladali: Fremstidal (11. ljósmynd), Miðdal (12. & 13. ljósmynd) og Innstidal (14. & 17. ljósmynd).

Form landsins eru yfirleitt óregluleg en þó með þeirri undantekningu sem eru hinir rennisléttu, oft afrennslislausu og aflokuðu dalir sem eru eitt meginlandslags sérkenni Hengilssvæðisins. Þeir eru allmargir, m.a. Sporhelludalur, Dyradalur, Sleggjubeinsdalur, Kýrdalur, Marardalur, Fremstidalur, Miðdalur og Innstidalur.

### Fjölbreytni lands

Almennt er talið að fjölbreytni sé einn þáttur sem gerir landslag aðlaðandi, svo framarlega sem mynstur þess eru ekki alltof flókin (*complex*) eða óreiðukennd (*chaotic*) en því er tæpast til að dreifa hér. A.m.k. 7 viðmið í töflunni endurspegla fjölbreytni í landslagi: breytileiki í hæð, fjölbreytni gróðurs, litbrigði í landi, (fíngert) mynstur, fjölbreytt áferð, vatn (mikið áberandi) og andstæður, í öllum tilfellum þannig að há einkunn gefur mikla fjölbreytni til kynna.

Niðurstöður töflunnar má draga saman til að fá mælikvarða á fjölbreytni einstakra hluta. Miðhluti svæðisins (fjalllendi Hengils, Hengladalir) telst hafa mesta fjölbreytni: það fékk hærri einkunn en aðrir hlutar fyrir flest viðmið (breytileika í hæð, fjölbreytni gróðurs, litbrigði í landi, fjölbreytni í áferð og andstæður). Í öðru og þriðja sæti eru norðurhlutinn og Ölkelduháls/Reykjadalir sem fengu næst hæstu til 3ju hæstu einkunn fyrir litbrigði, áferð og andstæður. Meiri fjölbreytni er í gróðri við Ölkelduháls/Reykjadali en hæðarmunur í landi er meiri á norðurhlutanum.

Þessir þrír hlutar skera sig frá hinum þremur sem þá eru eftir. Í fjórða sæti ætti að setja Húsmúla/Engidal og síðan suðvesturhlutann. Suðurhlutinn, Orrustuhólshraun og Bitra, fá lægstu einkunn fyrir fjölbreytni fyrir flest viðmið: breytileika í hæð, litbrigði, fjölbreytni í gróðurfari og vatn er þar lítið áberandi. Áferð hraunsins er hrjúf. Það má vissulega segja að hraunið sjálft sé fínmyndað en það mynstur er endurtekið án mikilla andstæðna á stórum skala og þess vegna fær það ekki háa einkunn fyrir mynstur.

### Fágæti

Flokkun landslags í megingerðir má einnig nota til að átta sig á því hvort tiltekið landslag hefur sérstakt gildi vegna fágætis. Þetta er tæplega tímabært að gera fyrir Hengilssvæðið þar eð önnur svæði hafa lítt verið könnuð til samanburðar. Í fljótu bragði má þó ætla að á staðarvísu a.m.k. (og er þá miðað við suðvesturhorn landsins) hafi landslag í fjalllendi Hengils talsvert fágætisgildi. Ætla má að það búi yfir meiri fjölbreytni en flest önnur aðgengileg útivistarsvæði. Breytileiki í hæð er meiri, landið er lokaðra (með nálægari sjóndeildarhring) en flest önnur útivistarsvæði og litbrigði eru óvíða meiri, þótt ætla megi að Þingvallabjórðgarður sé a.m.k. jafnoki þess hvað litauðgi varðar. Miðað við suðvesturhorn landsins er gróðurfar einkar fjölbreytt. Vatn er ekki áberandi en það er annars talið svæðum til tekna ef þar eru tjarnir, vötn, lækir og ár.



2. ljósmynd. Af Stóra-Reykjafelli til austurs

ÞEP 2001



3. ljósmynd. Af Stóra-Reykjafelli til norðurs. Rætur Skarðsmýrarfjalls sjást og Hellisskarð t.v.

ÞEP 2001





4. ljósmynd. Í Sleggjubeinsdal, horft upp í Sleggjubeinsskarð. Kolviðarhóll t.h.  
ÞEP 2001



5. ljósmynd. Af Stóra-Reykjafelli til suðvesturs  
ÞEP 2001



6. ljósmynd. Horft til vesturs yfir Engidal. Esja í fjarska t.h.

*ÞEP 2001*



7. ljósmynd. Vatnssorfnir móbergsklettar við Húsmúla

*RT 2001*





8. ljósmynd. Fremstidalur til norðvesturs og Hengladalsá.

ÞEP 2001



9. ljósmynd. Fremstidalur til suðausturs, Hengladalsá. Búrfellslína 3 sker farveginn.

ÞEP 2001



10. ljósmynd. Ofan Fremstadals.

ÞEP 2001



11. ljósmynd. Horft yfir Fremstadal til austurs.

ÞEP 2001





12. ljósmynd. Yfir Miðdal og Hengladalsá.

ÞEP 2001



13. ljósmynd. Gróskumiklar breiður laugabrúðu (*Callitriche stagnalis*) og laugadeplu (*Veronica anagallis-aquatica*) í heitum laugum í Miðdal.

ÞEP 2001



*14. ljósmynd. Nyrsti og austasti hluti Innstadals, horft til austurs, Þrengsli fyrir miðri mynd. ÞEP 2001*



*15. ljósmynd. Í Innstadal: horft til hverasvæðanna nyrst í dalnum.*

*ÞEP 2001*





16. ljósmynd. Í Innstadal, horft til suðurs í átt til Sleggjubeinsskarðs.

ÞEP 2001



17. ljósmynd. Marflatur botn Innstadals, bugðóttur lækur og brattar hlíðar Skarðsmýrarfjalls. Horft til austurs.

ÞEP 2001



18. ljósmynd. Vegurinn inn í Dyradal, séð til austurs.

ÞEP 2001



19. ljósmynd. Suðurbotn Dyradals.

ÞEP 2001





20. ljósmynd. Horft út Sporrhelludal til norðurs.

ÞEP 2001



21. ljósmynd. Flatur botn Sporrhelludals, umlukin bröttum hlíðum og klettum. Skeggja ber við himin í baksýn.

ÞEP 2001



22. ljósmynd. Í Kýrdal

ÞEP 2001



23. ljósmynd. Safnæð ofan Nesjavallavirkjunar. T.h. eru gufumekkir frá blásandi borholu, fyrir miðri mynd sjást gufumekkir frá jarðhitanum í Köldulaugagili og vinstra megin sést í Ölkelduhnjúk og gufur frá jarðhitanum á því svæði ÞEP 2001





24. ljósmynd. Skiljustöð Nesjavallavirkjunar.

*ÞEP 2001*



25. ljósmynd. Horft til suðurs frá Ölkelduhálsi.

*Björn Þorsteinsson 2001.*



26. ljósmynd. Frá Stóra-Reykjafelli til austurs yfir Orrustuhólshraun

ÞEP 2001



27. ljósmynd. Horft til suðurs yfir hluta Orrustuhólshrauns í átt til Skálafells.

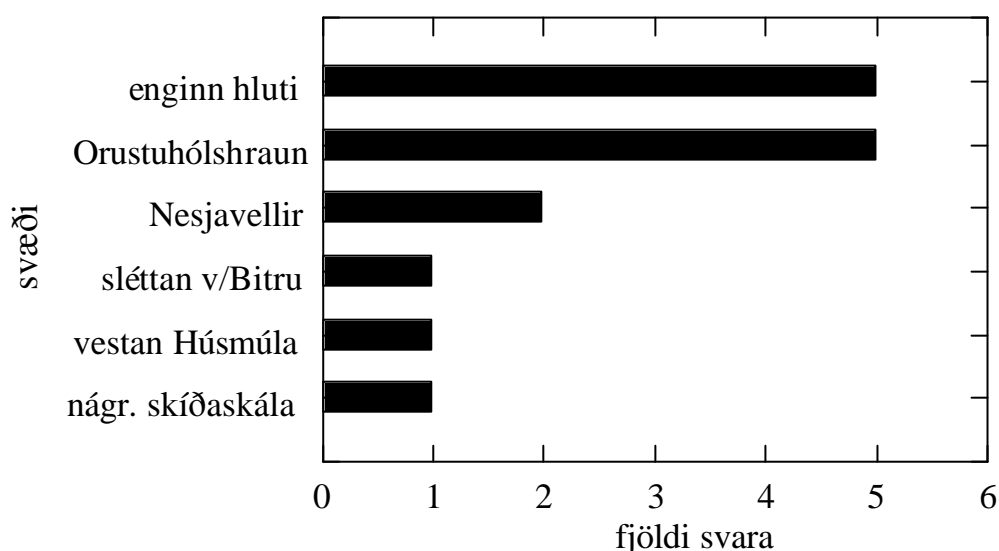
ÞEP 2001



## Landslagsgildi einstakra hluta

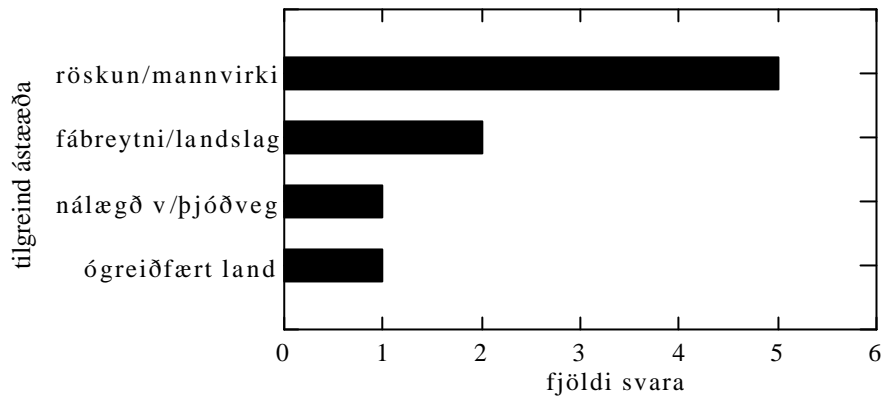
1) Mat staðkunnugra: hvaða hlutar svæðisins hafa minnst gildi og hvers vegna?

Þátttakendur voru bæði beðnir um að benda á svæði sem þeir teldu vera sérlega mikils virði og á þau sem þeir teldu vera lítils virði. Tæplega helmingur taldi allt svæðið vera mikils virði. Flestir hinna töldu suðurhluta svæðisins (Orrustuhólshraun og Bitru) hafa minna gildi en aðra hluta (6. mynd). Tveir nefndu Nesjavelli og einnig var nefnt svæðið vestan Húsmúla og nágrenni skíðaskálans í Hveradölum.



6. mynd. Mat staðkunnugs útivistarfólks á þeim hlutum Hengilssvæðisins sem það taldi hafa lítið útivistargildi.

Einnig var spurt hvers vegna viðkomandi teldi viðkomandi svæði vera lítils virði. Aftur voru ekki gefnir ákveðnir svarmöguleikar en þátttakendur svöruðu með eigin orðum. Hér svöruðu aðeins þeir 7 sem nefnt höfðu svæði sem þeir töldu lítils virði. Svörunum má skipta í tvennt (7. mynd). Flestir nefndu röskun og mannvirki sem helstu ástæðu, einn nefndi nálægð við þjóðveg. Hins vegar voru nefndar ástæður sem liggja í eðli landsins sjálfs; að það væri annaðhvort fábreytt og landslag ekki aðlaðandi, eða að landið væri ógreiðfært yfirferðar.

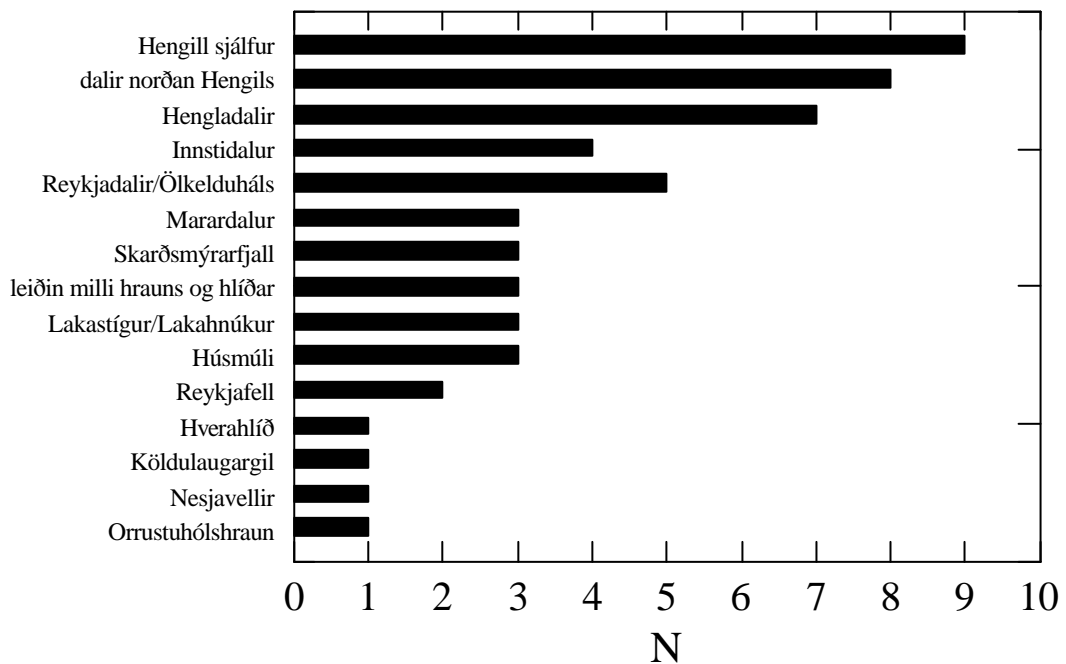


7. mynd. Ástæður þess að hlutar Hengilssvæðisins hafa lítið gildi fyrir útivist.

2) Mat staðkunnugra: hvaða hlutar svæðisins hafa mest gildi og hvers vegna?

Þegar spurt var hvaða hlutar svæðisins væru mikils virði, var hluti svarenda var ófús til að gera upp á milli einstakra hluta. Þátttakendur höfðu hver sinn hátt á að afmarka valin svæði (t.d. tilgreindi einn vesturbrúnir Marardals en aðrir nefndu einungis Marardal, sumir tilgreindu ákveðna dali norðan Hengils en aðrir tóku þá alla saman). Hér á eftir er reynt að draga saman helstu niðurstöður.

Flestir töldu fjalllendi og umhverfi Hengilsins sjálfs og dali norðan Hengils hafa mest gildi, þá nefndu sjö Hengladali en 4 aðeins Innstadal (8. mynd).



8. mynd. Þeir hlutar Hengilssvæðisins sem taldir voru hafa mest gildi. N = fjöldi svara.

Þá nefndu 5 Reykjadali/Ölkelduháls. Aðrir hlutar voru nefndir af þremur þátttakendum eða færri (8. mynd). Af svörunum má sjá að svarendur telja miðhluta Hengilssvæðisins hafa mest gildi.

Að lokum voru þátttakendur einnig spurðir hvort þeir teldu að á Hengilssvæðinu væru enn eftir svæði sem hefðu verulegt útivistargildi en væru utan þess göngustígakerfis sem komið hefur verið upp. Aðeins þrír svöruðu þessu játandi. Tveir töldu æskilegt að leggja gönguleið upp á Hengil (annar tiltók að norðanverðu, hinn hringleið). Einn nefndi suðurhluta Skarðsmýrarfjalls, Tjarnahnúk, Stóra-Reykjafell, Lakastíg, Hverahlíð og frá Þjóðvegi upp með Hengladalsá. Einn taldi að of margar leiðir hefðu þegar verið stikaðar.

### 3) Mat á aðráttarafli einstakra svæða

Við mat á landslagsfegurð eða sjónrænu gildi lands (enska: “*scenic attractiveness*”) er byggt á þeirri forsendu að landslag geti framkallað lífsfyllingu, ánægju, jákvæð lífeðlisleg viðbrögð, minnkað streitu og aukið vellíðan (Landscape Aesthetics 1995). Fjölmargar rannsóknir hafa verið gerðar til að reyna að draga fram hvað það er í landslaginu sem vekur þessi viðbrögð. Sjónrænt aðlaðandi landslag er talið vera það sem býður upp á sambland af fjölbreytni (*variety*), er litauðugt (*vividness*), býr yfir dulúð (*mystery*), er heilsteyppt eða myndar heild (*intactness*) og samfellu (*coherence*), er á einhvern hátt einstakt (*uniqueness*), og fólk upplifir sem einhvers konar samhljóm (*harmony*), þar sem greina má aðlaðandi mynstur (*pattern*) og jafnvægi (*balance*). Margræðni lands (hér notað sem þýðing á enska orðinu *complexity*) er talin aðlaðandi, þó er það þannig að mjög flókið og óreiðukennt landslag (*chaotic*) er ekki talið aðlaðandi. Hér á eftir er reynt að meta einstaka hluta svæðisins á ofangreindum forsendum.

#### Fjölbreytni og litauðgi

Nyrðri og miðhluti svæðisins fá háa einkunn fyrir fjölbreytni og litauðgi (sjá einnig umfjöllun á bls. 16). Hæðarmunur er mikill í landi, og mikil fjölbreytni, hvort sem litið er á mynstur, áferð eða gróður. Vatn er almennt ekki áberandi nema í Hengladölum, en í Fremstadal, Miðdal og Innstadal er að finna bæði rennandi vatn, litla fossa, tjarnir og heitar laugar (8. 11., 12., 13. & 17. ljósmynd).

Suðurhluti svæðisins er mun fábreyttari hvað varðar flesta þætti. Orrustuhólshraun er víða úfið og ógreiðfært, austan og sunnan Skarðsmýrar er landið mjög þurrt, gróður er fremur einsleitur og rýr, hæðarmunur lands er lítill en talsverð víðsýni (2., 3. & 5. ljósmynd).

#### Samfella og heild

Nyrðri og miðhluti svæðisins fá háa einkunn fyrir samfellu og heild. Umgörð landsins líka einkar heilleg. Þó sjást háspennulínur í Fremstadal (9. ljósmynd). Syðri hlutinn fær lága einkunn: hann er brotinn upp með háspennulínum, námum, og neti vegslóða (2., 3., 4., & 24. mynd). Háspennumöstur og raflínur eru mjög áberandi í landinu og brjóta landslagið upp (25. ljósmynd). Vinnusvæðið á Nesjavöllum er einnig brotið upp af pípum, mannvirkjum og línunum (23. ljósmynd) og norðurhlutinn skorinn af Nesjavallavegi og pípunni (18. & 23. ljósmynd).

#### Dulúð

Hér er notað orðið dulúð sem þýðing á enska orðinu *mystery*, en það sem hér er einkum verið að vísa til er landslag sem lofar óvæntri upplifun, landslag sem dregur mann inn í landið og vekur löngun til að kanna það betur.

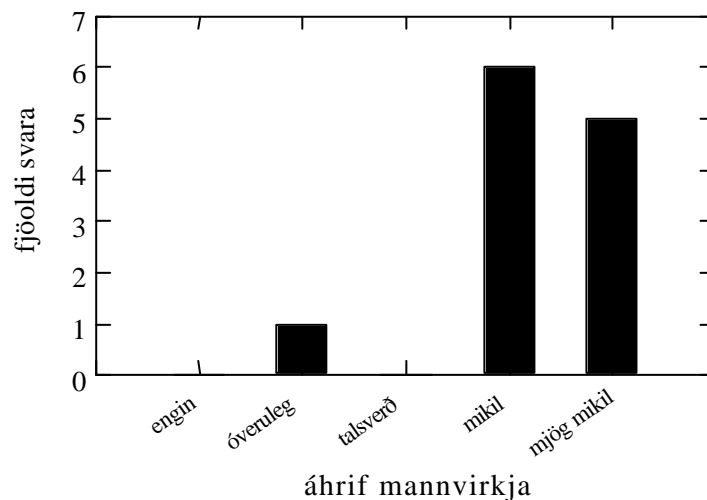
Hér verður að telja Hengilssvæðið hafa nokkra sérstöðu og líklega á það sér hvergi jafnoka hvað þetta varðar á suðvesturhorni landsins. Hengilssvæðið býður upp á sérstaklega mörg ólík sjónarhorn. Hinir lokuðu dalir opnast skyndilega og við blasir vel gróið og hlýlegt land rammað inn af bröttum hlíðum, klettum og fjöllum. Það kann að auka enn á dulúð svæðisins að útgönguleiðin úr dölunum er oft ekki ljós.

### Jafnvægi, samhljómur

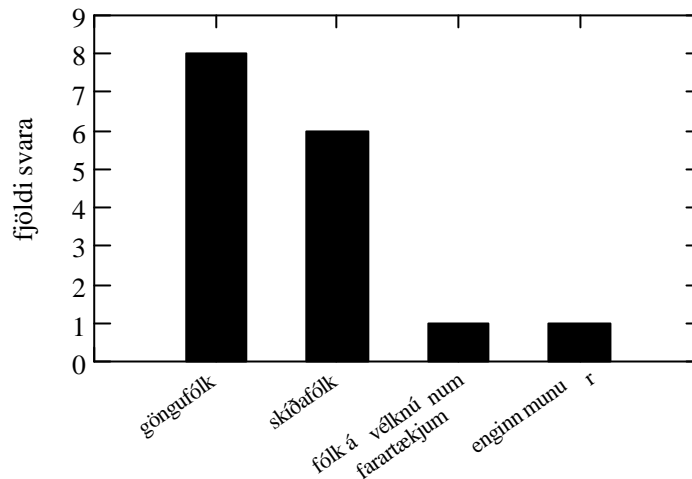
Þessir þættir eru óræðari og erfiðara að leggja mat á þá. Það má þó vissulega benda á ýmsa þætti í landslagi Hengilssvæðisins sem gætu talist endurspeglja jafnvægi eða samhljóm (*harmony*). Benda má á Innstadal þar sem kvísl Hengladalsár liðast eftir dalbotningum og Hengladalsána þar sem hún bugðast eftir Fremstadal (11. & 17.ljósmynd).

## Áhrif mannvirkja á útivist og upplifun af landslagi

Allir þátttakendur nema einn töldu mannvirki hafa mikil eða mjög mikil áhrif á útivistargildi (8. mynd). Þá voru þeir einnig inntir eftir því hvort þeir teldu það skipta máli fyrir áhrif mannvirkja, á hvern hátt menn færu yfir svæðið eða nytu útivistar (9. mynd). Aðeins einn taldi engan mun vera þar á en aðrir töldu að mannvirki hefðu mest áhrif á göngufólk og/eða á þá sem færu um á gönguskíðum.



8. mynd. Áhrif mannvirkja á útivistargildi svæða að mati staðkunnugs útivistarfólks.



9. mynd. Áhrif mannvirkja á útivistarupplifun, flokkuð eftir því hvernig útivistin er stunduð og þeir hópar sem taldir voru verða fyrir mestum áhrifum.

Einn nefndi að auki þá sem ferðuðust á vélknúnum farartækjum. Hér ætti þó að hafa í huga að allir þátttakendur í skoðanakönnuninni falla í þann hóp útivistarfólks sem fyrst og fremst fer um svæðið gangandi eða á skíðum. Viðhorf þeirra sem fara um svæðið á vélknúnum farartækjum gæti verið annað. Niðurstaðan hvað varðar þeirra hóp (þ.e. áhrif á göngufólk og skíðagöngufólk) ætti þó að vera gild.



## **SAMANTEKT:**

### **Landslagsgildi Hengilssvæðisins, einkum þeirra hluta sem til greina koma vegna orkuvinnslu.**

Hengilssvæðið er í flokki mikilvægustu útivistarsvæða sem íbúar á höfuðborgarsvæðinu eiga kost á að heimsækja með um eða innan við klukkustundar akstri frá Reykjavík. Það nýtist bæði sumar og vetur og býður upp á fjölbreytta útivistariðkun. Ágætis göngustígakerfi á svæðinu (125 km sjá Gísla Gíslason & Yngva Þór Loftsson 1997, bls. 26) og göngustígakort hefur verið gefið út og fyrirtaks lýsing á svæðinu og helstu gönguleiðum (Sigurður Kristinsson og Kristján Sæmundsson 1996).

#### *Suðurhluti svæðisins*

Suðurhluti svæðisins (Orrustuhólshraun, Bitra, Stóra-Reykjafell og umhverfi þess) hefur minnst gildi vegna landslags og, skv. niðurstöðum skoðanakönnunar, einnig fyrir útivist. Kemur þar einkum tvennt til. Landið er fremur fábreytt og fær mun lægri einkunn en aðrir hlutar fyrir landslagsfegurð. Þarna eru nú þegar mjög áberandi mannvirki: þrjár stórar háspennulínur með háum möstrum, ótal vegslóðar og opnar og illa frágengnar námur. Telja verður að landslagsgildi þessa hluta hafi verið raskað svo mikið að þar ætti að vera hægt að koma þar fyrir orkumannvirkjum án þess að rýra svæðið frekar. Þessi hluti hefur líklega verið mest notaður af þeim sem ferðast um á vélknúnum tækjum á vetrum (jeppum, vélsleðum) en ætla má að sá hópur útivistarmanna sé ekki jafnvíðkvæmur fyrir mannvirkjum og þeir sem ferðast gangandi eða á gönguskíðum. Svæðið sunnan Þjóðvegs er talsvert notað á vetrum (Lakahnúkar, Hverahlíð) en sumir settu fyrir sig nálægð við Þjóðveg. Landslagslega er það heldur ekki sambærilegt við mið- eða norðurhluta svæðisins.

#### *Hengill og Ölkelduháls*

Miðhluti Hengilssvæðisins er enn að mestu ósnortinn ef frá eru taldir fáeinir slóðar og nokkrir kofar. Þetta svæði hefur mjög hátt gildi fyrir útivist og vegna landslags. Það býður upp á langar en miserfiðar gönguleiðir að sumri og skíðagöngur að vetri. Landslagið fær háa einkunn eftir öllum viðmiðum og svæðið hefur nokkra sérstöðu meðal útivistarsvæða á suðvesturhorni landsins vegna þess hve sjónarhorn þess eru fjölbreytt og það lofar óvæntri upplifun.

Mikilvægt er að halda þessum hluta óröskuðum. Fremstidalur og Miðdalur búa yfir hvað mestri sjónrænni fjölbreytni í landi og í gróðri. Háspennulína þrengir sér að vísu óþarflega inn í landið austan Fremstadals (9. ljósmynd) en engu síður verður landslagsgildi dalsins og umhverfi hans að teljast mjög hátt.

Ölkelduháls og nágrenni býr yfir sérstakri litauðgi og fjölbreytni í landi og svæðið er eftirsótt til náttúrubaða. Háspennulína með stórum möstrum hefur verið lögð þvert yfir svæðið og kom fram hjá nokkrum þátttakendum í skoðanakönnuninni að útivistarfolk væri mjög ósátt við hvernig staðið hefði verið að því verki. Legu línunnar við Ölkelduháls má taka sem dæmi um hvernig óæskilegt er að standa að mannvirkjagerð og veruleg spjöll á verðmætu svæði sem líklega hefði mátt komast hjá.

Í Töflu 3 er reynt að draga saman helstu niðurstöður þessarar vinnu. Af henni má sjá að nokkuð skiptir í tvö horn varðandi verðmæti einstakra hluta. Miðhluti svæðisins hefur mest gildi en einnig fá norðurhlutinn og umhverfi Ölkelduháls háa einkunn að því undanskildu að þeim hefur báðum verið raskað nokkuð. Suðurhlutinn hefur minna gildi.

Niðurstöðurnar má bera saman við mat Gísla Gíslasonar og Yngva Þórs Loftssonar (1997) á landslagsgildi landslagsheilda á jörðum Reykjavíkur í Grafningi og Ölfusi. Svæðisskipting þeirra er dálítið frábrugðin þeirri sem hér er notuð en niðurstöðurnar virðast vera svipaðar. Háhengill og Hengladalur (~ miðhluti) og Dyrafjöll, móbergshryggir og Engidalur (~ norðurhluti) fengu hæstu einkunn (A+). Hveragerðisdalur (Ölkelduháls er hluti af því svæði) fengu aðeins lægri einkunn (A). Húsmúli (~ sv hluti) fékk B en Bitra (Orrustuhólshraun var ekki tekið með í áætluninni) fékk C.

*Tafla 3. Samantekt: landslagsgildi helstu hluta Hengilssvæðisins, og einkum þeirra sem til greina koma vegna orkuvinnslu.*

	suðurhluti	sv hluti	norðurhluti	miðhluti	Ölkelduháls
<b>útvist/skoðanakönnun</b>	lágt	miðlungs	hátt	hæst	hátt
<b>fjölbreytni</b>	lítil	miðlungs	mikil	mjög mikil	mjög mikil
<b>landslagsfegurð, sjónrænt gildi</b>	minnst	miðlungs	mikil	mjög mikil	mikil
<b>röskun</b>	mikil	nokkur	dálítill	óveruleg	talsverð

*Sjá bls. 13 fyrir afmörkun einstakra hluta, 8. mynd og bls. 30. – 31. fyrir niðurstöður skoðanakönnunar á landslags og útvistargildi svæða, Töflu 2 á bls. 15 og bls. 16 fyrir mat á fjölbreytni, bls. 31-32 fyrir mat á landslagsfegurð, og 6. & 7. mynd fyrir mat á röskun.*

## ÞAKKIR

Bestu þakkir eru færðar þeim sem tóku þátt í skoðanakönnuninni. Birni Þorsteinssyni þakka ég fyrir afnot af mynd, Sigríði Þorbjarnardóttur, fv. formanni ferðanefndar Ferðafélags Íslands fyrir gagnlegar ábendingar og umræður, og að lokum Einari Gunnlaugssyni og Sigurði Snorrassyni fyrir yfirllestur og ábendingar.

## HEIMILDIR

- Countryside Commission 1993. *Landscape Assessment Guidance*. Countryside Commission, Walgrave, Englandi.
- Gísli Gíslason & Yngvi Þór Loftsson 1997. *Jarðir Reykjavíkur í Grafningi og Ölfusi. Nesjavellir, Ölfusvatn, Úlfljótsvatn og Kolviðarhóll. Landnýtingaráætlun*. Reykjavík.
- Náttúruminjaskrá 7. útgáfa 1996. *Náttúruminjaskrá. Skrá um friðlýst svæði og aðrar náttúruminjar*. Reykjavík.
- Sigurður Kristinsson og Kristján Sæmundsson 1996. *Hengilssvæðið. Gönguleiðir – staðhættir – jarðfræði*. Ferðafélag Íslands, Reykjavík.
- Steinitz, C. 1990. Towards a sustainable landscape with high visual preference and high ecological integrity: the Loop Road in Acadia National Park, U.S.A. *Landscape and Urban Planning*, 19, 213-50.
- USDoA, US FS 1995. *Landscape Aesthetics. A Handbook for Scenery Management*. Agriculture Handbook no 701. United States Department of Agriculture, United States Forest Service.
- Þorvarður Árnason 1994. Náttúrufegurð. Bls. 263-83 í: *Náttúrusýn. Safn greina um siðfræði og náttúru* (ritstj. Róbert Haraldsson & Þorvarður Árnason). Háskóli Íslands. Rannsóknarstofnun í siðfræði, Reykjavík.
- Þorvarður Árnason. *Náttúra, þjóðerni og umhverfisstefna á Norðurlöndum*, í undirbúningi.

# VIÐAUKI 1

## Skoðanakönnun: landslag á Hengilssvæðinu og gildi fyrir útivist

1) Hver eftirfarandi útivistarsvæða í nágrenni Reykjavíkur telur þú hafa mest gildi vegna landslags? Merktu við frá 1 (mest gildi) til 5 (minnst gildi):

- a. Bláfjallafólkvangur
- b. Heiðmörk
- c. Hengilssvæði
- d. Reykjanesfólkvangur
- e. Þingvallapjóðgarður

2) Hvernig nýtir þú svæðið?

---

3) Út frá þinni reynslu, hvernig telur þú að flestir njóti útivistar á Hengilssvæðinu? Merktu við þá kosti sem þú telur að skipti mestu máli.

- a. Í bíl með stuttum gönguferðum út frá vegum.
- b. Vélsleðaferðir á vetrum.
- c. Jeppaferðir á vetrum.
- d. Skíðaganga á vetrum.
- e. Lengri gönguferðir eftir merktum göngustígum.
- f. Önnur not, hver þá? \_\_\_\_\_

4) Hvaða hluti/hlutar svæðisins telur þú að hafi mest gildi vegna landslags og útivistar? Merktu inn á meðfylgjandi kort eða tilgreindu svæðin að neðan.

---

---

---

---

5) Hvers vegna telur þú að þessi hluti/hlutar hafi mikið gildi?

---

---

---

---

6) Hvaða hlutar svæðisins telur þú að séu mest notaðir?

---

---

---

7) Telur þú að einhverjir hlutar hafi lítið eða óverulegt útivistargildi? Ef svarið er já, tilgreindu þá hvar þau svæði eru (hér að neðan eða merktu inn á kort). Hvers vegna telur þú þau ekki henta sem útivistarsvæði?

---

---

---

8) Telur þú að á Hengilssvæðinu séu eftir svæði sem hafa verulegt landslagsgildi en eru enn utan þess göngustígakerfis sem komið hefur verið upp? Ef svarið er jákvætt, tilgreindu þá hvar þau svæði eru:

---

---

---

---

---

9) Hversu mikil áhrif telur þú að mannvirki á borð við borpalla, pípur og vegslóða hafi almennt á upplifun útivistarfólks af landslagi á Hengilssvæðinu? engin , óveruleg , talsverð , mikil , mjög mikil





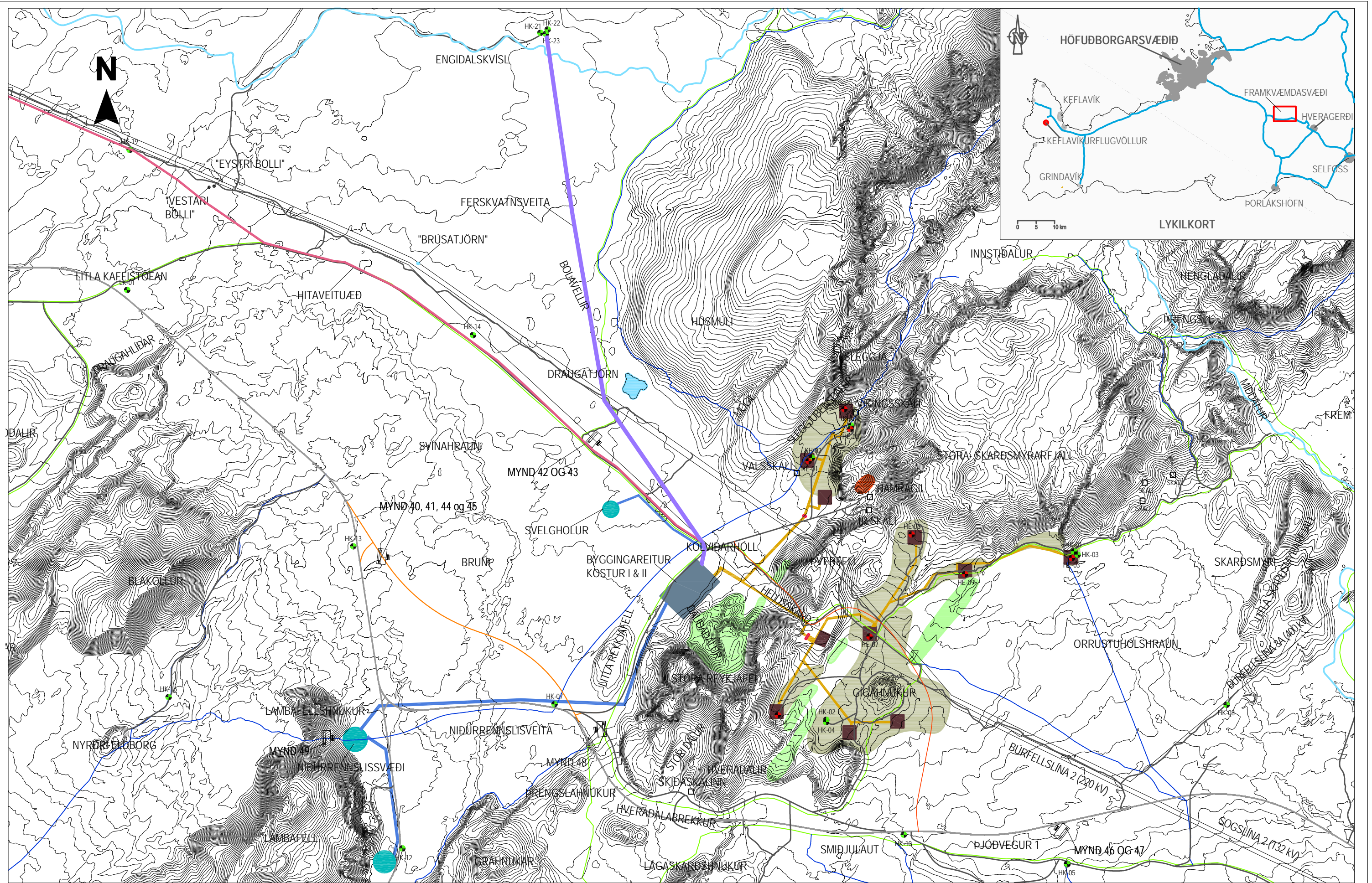
FJÖLRIT LÍFFRÆDISTOFNUNAR

1. Agnar Ingólfsson, Arnþór Garðarsson og Sveinn Ingvarsson. 1972. *Botndýralíf í Akureyrarpolti, könnun í marz 1972.*
2. Arnþór Garðarsson, Jónbjörn Pálsson og Agnar Ingólfsson. 1974. *Könnun og kortlagning lífríkis í suðurhluta Leiruvogs nærri Reykjavík.*
3. Agnar Ingólfsson og Svend-Aage Malmberg. 1974. *Vistfræðilegar rannsóknir í Hvalfirði, Borgarfirði og Hraunfirði. Yfirlitsskýrsla.*
4. Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson. 1975. *Forkönnun á lífríki Laxárvogs, Álftafjarðar og Önundarfjarðar.*
5. Agnar Ingólfsson og Jón G. Ottósson. 1975. *Rannsóknir á umferð fugla við Keflavíkurflugvöll.*
6. Sveinn Ingvarsson. 1976. *Skýrsla um gagnasöfnun vegna hugsanlegrar mengunar af völdum járnblendiverksmiðju.*
7. Arnþór Garðarsson, Agnar Ingólfsson og Jón Eldon. 1976. *Lokaskýrsla um rannsóknir á óshólmasvæði Eyjafjarðarár 1974 og 1975.*
8. Agnar Ingólfsson. 1976. *Forkönnun á lífríki Gilsfjarðar, Þorskafjarðar, Djúpaþfjarðar, Gufufjarðar og nærliggjandi fjarða.*
9. Arnþór Garðarsson og Kristín Aðalsteinsdóttir. 1977. *Rannsóknir í Skerjafirði. I. Botndýralíf.*
10. Agnar Ingólfsson. 1977. *Rannsóknir í Skerjafirði. II. Lífríki fjöru.*
11. Agnar Ingólfsson. 1978. *Greiningarlykill yfir stórkrabba (Malacostraca) í fjörum.*
12. Arnþór Garðarsson, Ólafur K. Nielsen og Agnar Ingólfsson. 1980. *Rannsóknir í Önundarfirði og víðar á Vestfjörðum 1979. Fuglar og fjörur.*
13. Agnar Ingólfsson, Anna Kjartansdóttir og Arnþór Garðarsson. 1980. *Athuganir á fuglum og smádýralífi í Skarðsfirði.*
14. Kristín Aðalsteinsdóttir og Arnþór Garðarsson. 1980. *Botndýralíf í Hvalfirði.*
15. Agnar Ingólfsson og Árni Einarsson. 1980. *Forkönnun á lífríki Nýpslóns og Skógalóns við Vopnafjörð.*
16. Agnar Ingólfsson og Guðmundur Víðir Helgason. 1982. *Athuganir á lífríki Skógalóns við Vopnafjörð.*
17. Hörður Kristinsson, Bergþór Jóhannsson og Eypór Einarsson. 1983. *Grasafræðirannsóknir við Hvalfjörð.*
18. Gísli Már Gíslason. 1983. *Könnun á dýralífi í Eiðisvatni, Borgarfjarðarsýslu.*
19. Jón Eldon. 1983. *Þungmálmar í mosa, jarðvegi og regnvatni í nágrenni Grundartanga 1978 og 1979.*
20. Guðni Á. Alfreðsson, Jakob K. Kristjánsson og Guðmundur Eggertsson. 1984. *Líftækni á Íslandi, kynning á líftæknilegri örverufræði og erfðatækni.*
21. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1984. *Þjórsárver. Gróður og jarðvegur og áhrif Kvíslaveitu.*
22. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1985. *Þjórsárver. Vistfræðirannsóknir 1984.*
23. Guðmundur A. Guðmundsson og Arnþór Garðarsson. 1986. *Fuglaathuganir í Dýrafirði 1985.*
24. Agnar Ingólfsson. 1986. *Fjörulíf í innanverðum Dýrafirði.*
25. Jörundur Svavarsson og Arnþór Garðarsson. 1986. *Botndýralíf í Dýrafirði.*
26. Agnar Ingólfsson og Jörundur Svavarsson. 1989. *Forkönnun á lífríki Gilsfjarðar.*

27. Agnar Ingólfsson. 1990. *Rannsóknir á lífríki fjöru umhverfis kerbrotagryfjur í Straumsvík.*
- 27b. Agnar Ingólfsson. 1990. *A survey of intertidal organisms around dumping pits for pot linings at Straumsvík, southwestern Iceland.*
28. Jörundur Svavarsson. 1990. *Studies on the rocky subtidal communities in vicinity of a dumping pit for pot linings at Straumsvík, southwestern Iceland.*
29. Agnar Ingólfsson. 1990. *Athuganir á rauðbrystingum í Gilsfirði í maí 1990.*
30. Guðmundur Víðir Helgason og Jörundur Svavarsson. 1991. *Botndýralíf í Þerneyjarsundi.*
31. Agnar Ingólfsson. 1991. *Athuganir á lífríki fjöru við Álfsnes.*
32. Einar Árnason. 1991. *Rýnt í skýrslur Hafrannsóknarstofnunar.*
33. Einar Árnason, Snæbjörn Pálsson, Aðalgeir Arason og Vilhjálmur Þorsteinsson. 1992. *Stofngerð Þorsks (*Gadus morhua*) við Ísland og víðar metin með breytileika í DNA orkukorna (mtDNA).*
34. Jörundur Svavarsson, Guðmundur V. Helgason og Stefán Á. Ragnarsson. 1991. *Rannsóknir á lífríki klettabotns neðansjávar í Hraunsvík við Hafnarfjörð.*
35. Einar Árnason og Snæbjörn Pálsson. 1992. *Skerðibútagreining á mtDNA bleikju, lax og urriða.*
36. Jörundur Svavarsson og Halldóra Skarphéðinsdóttir. 1993. *Vansköpun af völdum tríbútýltinmengunar hjá íslenskum nákuðungum.*
37. Jörundur Svavarsson. 1995. *Tributyltin in the marine environment, with special reference to Nordic waters. - A literature survey.*
38. Gísli Már Gíslason, Guðrún Lárusdóttir, Hákon Aðalsteinsson, Ólöf Ýrr Atladóttir og Þóra Hrafnadóttir. 1996. *Dýralíf austan Hágangna og í Vonarskarði. Könnun í ágúst 1996. Skýrsla til Landsvirkjunar.*
39. Anne-Charlotte Fasquel, Hlynur Sigurgíslason, Gunnar Gunnarsson og Einar Árnason. 1997. *Mitochondrial cytochrome b DNA sequence variation of Atlantic cod, *Gadus morhua*, from Greenland and Ísafjarðardjúp, Iceland.*
40. Arnþór Garðarsson. 1997. *Fjöldi heiðagæsar í Þjórsárverum 1996.*
41. Jón S. Ólafsson, Guðrún Lárusdóttir og Gísli Már Gíslason. 1998. *Botndýralíf í Elliðaánum.*
- 42a. Gísli Már Gíslason. 1998. *Áhrif kerbrotagryfja á lífríki í Straumsvík.*
- 42b. Gísli Már Gíslason. 1998. *The environmental impact of dumping pits for potlinings and filterdust from ISAL aluminium smelter at Straumsvík.*
43. Guðmundur V. Helgason, Jón S. Ólafsson og Arnþór Garðarsson. 1998. *Lífríki við Hvaleyri.*
44. Jörundur Svavarsson. 1999. *Vansköpun af völdum tríbútýltins hjá nákuðungi (*Nucella lapillus*) við Íslandsstrendur.*
45. Gísli Már Gíslason. 1999. *Áhrif lóns á vatnalíf á áhrifasvæði Norðlingaölduveitu.*
46. Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 1999. *Forkönnun á lífríki fjöru við iðnaðarlóðina Hraun í Reyðarfirði.*
47. Agnar Ingólfsson. 1999. *Rannsóknir á lífríki í Kolgrafafirði. Fuglar, fjörur og sjávarbotn.*
48. Þóra Ellen Þórhallsdóttir. 1999. *Kolgrafafjörður. Rannsóknir á flóru og gróðri.*
49. Jörundur Svavarsson. 1999. *Forkönnun á lífríki botns neðan fjöru við iðnaðarlóðina Hraun í Reyðarfirði.*

50. Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 1999. *Lífríki í grýttum fjörum milli Geldingness og Gunnuness*. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.
51. Agnar Ingólfsson. 1999. *Lífríki í leirum í Leiruvogi og við Blikastaði*. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.
52. Jörundur Svavarsson. 2000. *Botndýralíf við mynni Leiruvogs*. Unnið fyrir verkefnisstjórn Sundabrautar.
53. Agnar Ingólfsson og Arnþór Garðarsson. 2000. *Rannsóknir á lífríki við Borgarnes: leirur, fitjar, gróður á landi og fuglar*.
54. Jón S. Ólafsson, Gísli Már Gíslason, Sesselja G. Sigurðardóttir og Stefán Már Stefánsson. 2001. *Botndýr í Úlfarsá: Könnun í maí 1999*. Unnið fyrir Borgarverkfræðinginn í Reykjavík.
55. Karen Jenný Heiðarsdóttir og Eva Benediktsdóttir. 2001. *Culture media for optimal isolation of Moritella viscosa from Atlantic Salmon (Salmo salar) with winter ulcer*.
56. Gísli Már Gíslason og Jón S. Ólafsson. 2001. *Lífríki Hnífár í Þjórsárverum. Könnun gerð í ágúst 2001*.
57. Arnþór Garðarsson. 2002. *Landnotkun heiðagæsar á grónu landi í sunnanverðum Þjórsárverum*.
58. Arnþór Garðarsson. 2002. *Könnun á fuglalífi á Hengli og Hellisheiði vorið 2001*.
59. Jón S. Ólafsson og Gísli Már Gíslason. 2002. *Smádýralíf í vötnum á Hellisheiði, könnun í júlí 2001*.
60. Iris Hansen og Jón S. Ólafsson 2002. *Smádýralíf á Hellisheiði: við Stóra Reykjafell, Skarðsmýrarfjall, í Hellisskarði og Sleggjubeinskarði. Könnun sumrið 2001*.





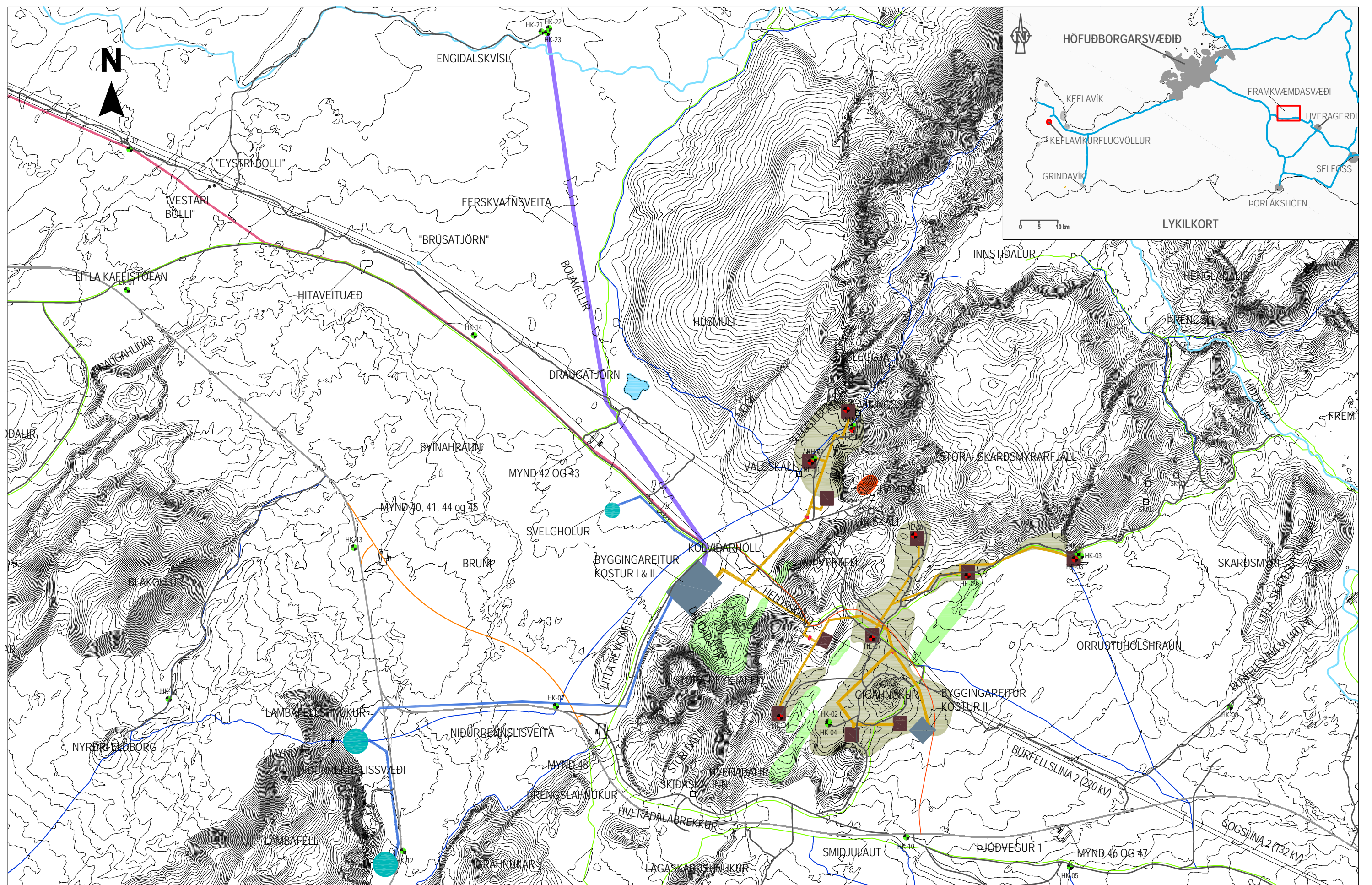
1 : 30.000  
 500 0 500 m  
 5 m hæðarlínur  
 Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.

TEIKNING 1. YFIRLITSKORT AF FRAMKVÆMDASVÆÐI VIRKJUNAR Á HELLISHEIÐI  
 KOSTUR I

- SKÝRINGAR -
- RANNSÓKNARHOLA
  - BORTEIGAR
  - BYGGINGAREITUR
  - NAMA
  - VATNSKÖNNUNARHOLA
  - NÝR VEGUR UM FRAMKVÆMDASVÆÐI
  - HITAVEITUÆÐ
  - AÆTLADAR LAGNALEIÐIR
  - BREYTING Á ÞJÓDVEGI
  - FERSKVATNSVEITA
  - GONGULEIÐIR
  - NÍÐURRENNSLISSVÆÐI
  - NÍÐURRENNSLISSVEITA
  - VERNDARSVÆÐI
  - BORSVÆÐI
  - SKÁLI







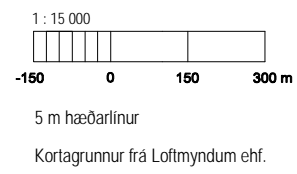
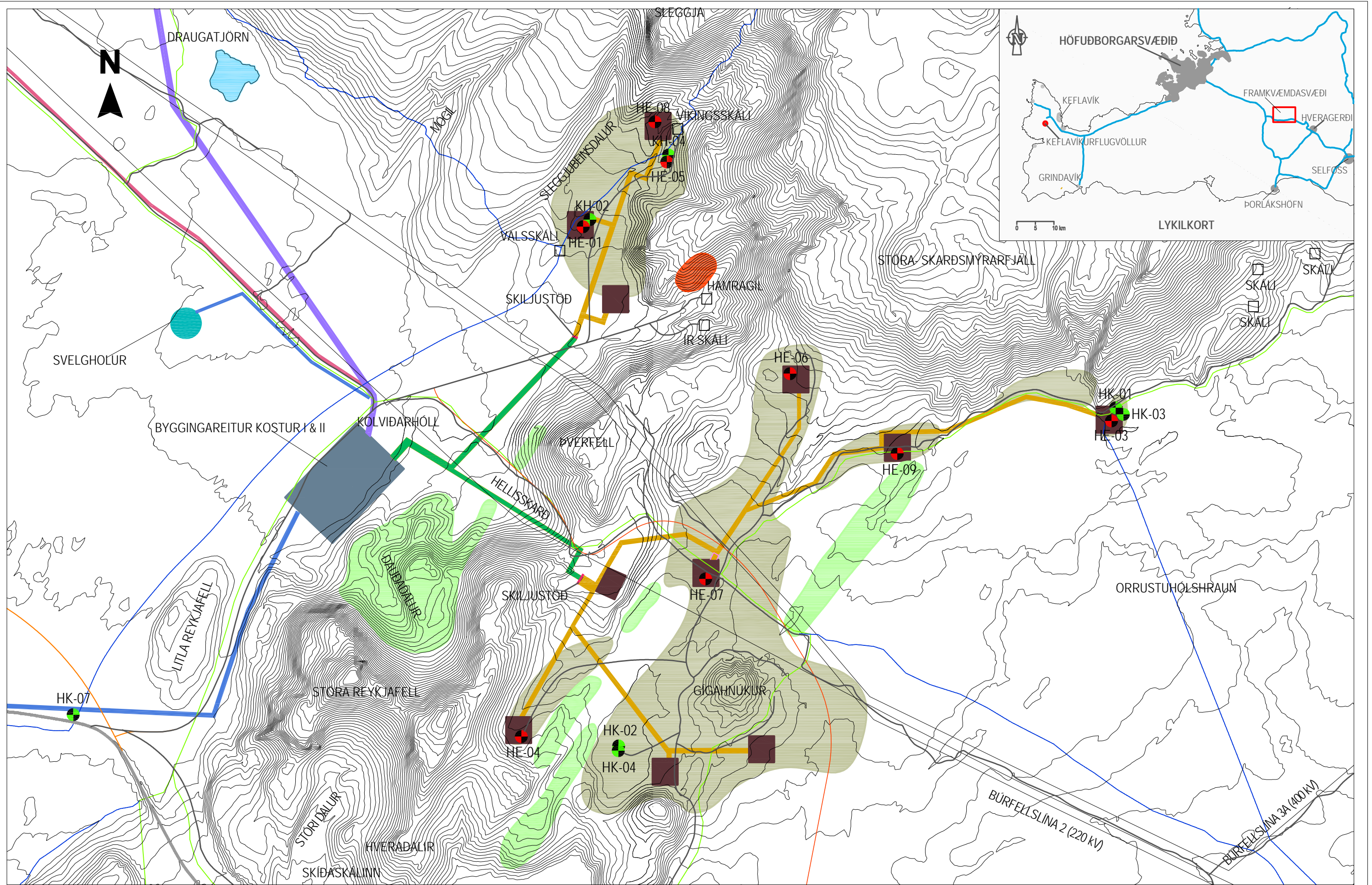
1 : 30.000  
 500 0 500 m  
 5 m hæðarlínur  
 Kortagrunnur frá Loftmyndum ehf.

TEIKNING 2. YFIRLITSKORT AF FRAMKVÆMDASVÆÐI VIRKJUNAR Á HELLISHEIÐI  
 KOSTUR II

- SKÝRINGAR -
- RANNSOKNARHOLA
  - BORTEIGAR
  - BYGGINGAREITUR
  - NAMA
  - VATNSKÖNNUNARHOLA
  - NYR VEGUR UM FRAMKVÆMDASVÆÐI
  - HITAVEITUÆÐ
  - AÆTLADAR LAGNALEIDIR
  - BREYTING Á ÞJÓDVEGI
  - FERSKVATNSVEITA
  - REIÐLEIDIR
  - NIDURRENNSLISVÆÐI
  - NIDURRENNSLISVEITA
  - VERNDARSVÆÐI
  - GONGULEIDIR
  - BORSVÆÐI





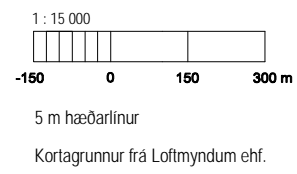
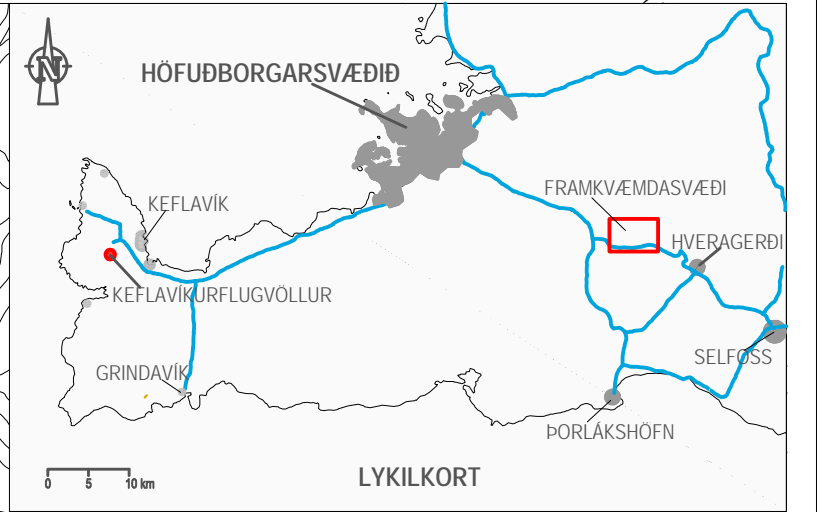
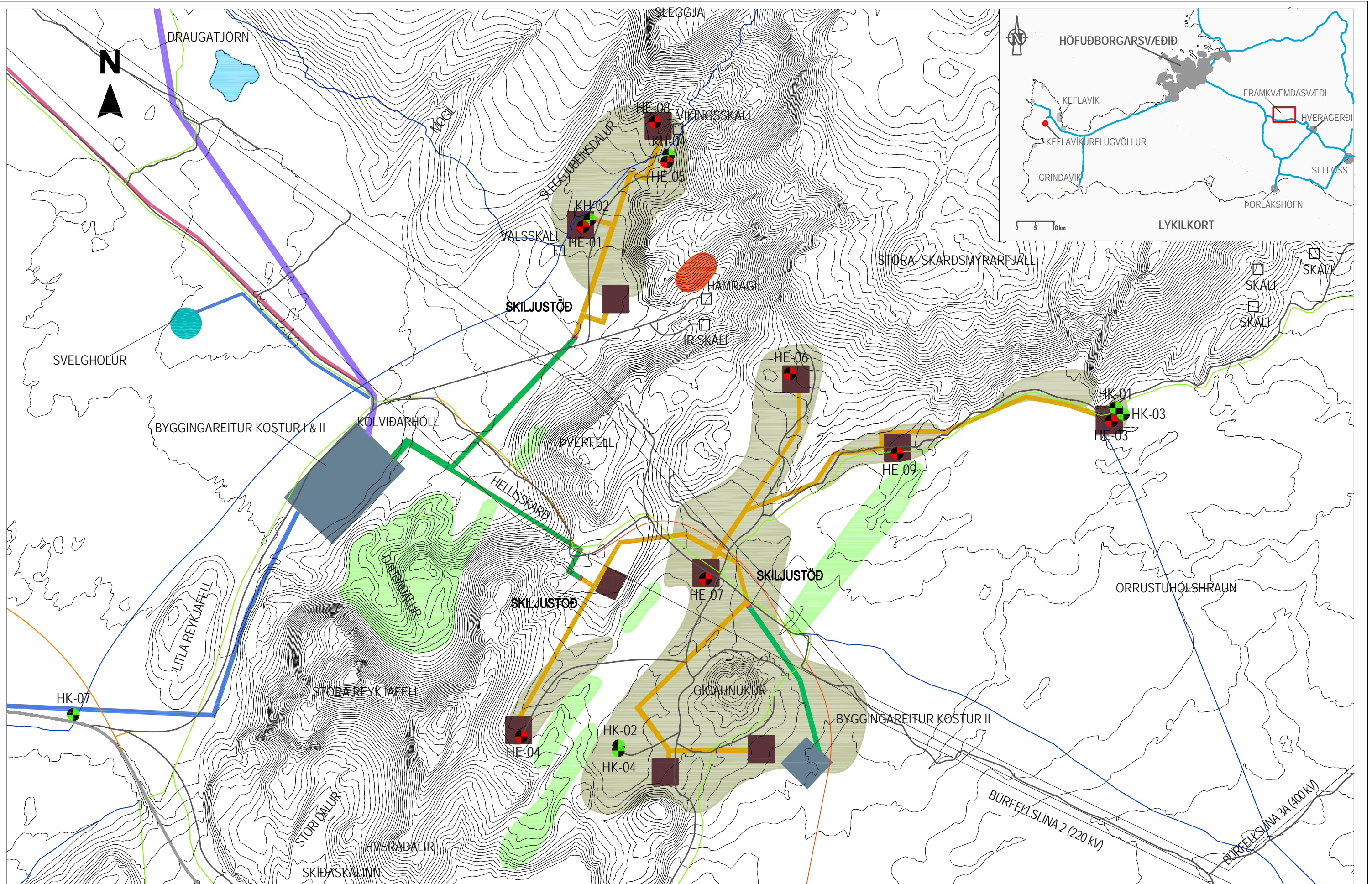


TEIKNING 3. YFIRLITSKORT AF FRAMKVÆMDASVÆÐI VIRKJUNAR Á HELLISHEIDI  
KOSTUR I

- SKÝRINGAR -
- |                             |                              |                     |            |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------|------------|
| RANNSÓKNARHOLA              | BORTEIGAR                    | BYGGINGAREITUR      | NAMA       |
| VATNSKÖNNUNARHOLA           | NÝR VEGUR UM FRAMKVÆMDASVÆÐI | HITAVEITUÆÐ         | REIDLEIDIR |
| ÁÆTLADAR LAGNAL. SAFNÆÐA    | BREYTING Á ÞJÓÐVEGI          | FERSKVATNSVEITA     | SKILJUSTÖÐ |
| ÁÆTLADAR LAGNAL. ADVEITUÆÐA | NÍÐURRENNSLISSVÆÐI           | NÍÐURRENNSLISSVEITA | SKALI      |
| GÖNGULEIDIR                 | VERNDARSVÆÐI                 |                     |            |







TEIKNING 4. YFIRLITSKORT AF FRAMKVÆMDASVÆÐI VIRKJUNAR Á HELLISHEIDI  
KOSTUR II

- SKÝRINGAR -
- RANNSÓKNARHOLA
  - BORTEIGAR
  - BYGGINGAREITUR
  - NAMA
  - VATNSKÖNNUNARHOLA
  - NYR VEGUR UM FRAMKVÆMDASVÆÐI
  - HITAVEITUÆÐ
  - REIÐLEIDIR
  - ÄETLADAR LAGNAL. SAFNÆÐA
  - BREYTING Á ÞJÓÐVEGI
  - FERSKVATNSVEITA
  - SKILJUSTÖÐ
  - ÄETLADAR LAGNAL. ADVEITUÆÐA
  - NIDURRENNSLISSVÆÐI
  - NIDURRENNSLISSVEITA
  - VERNDARSVÆÐI
  - GÖNGULEIDIR
  - BORSVÆÐI
  - VERNDARSVÆÐI

