

**ORKUSTOFNUN**

**RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri**

**Hiti í berggrunni og  
hugmyndalíkan af  
jarðhitakerfum á  
höfuðborgarsvæðinu**

**Grímur Björnsson  
Sigvaldi Thordarson  
Benedikt Steingrímsson**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**1999**

**OS-99112**





**ORKUSTOFNUN**  
Rannsóknasvið

Verknr. 8-610008

**Grímur Björnsson**  
**Sigvaldi Thordarson**  
**Benedikt Steingrímsson**

## **Hiti í berggrunni og hugmyndalíkan af jarðhitakerfum á höfuðborgarsvæðinu**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**OS-99112**

**Desember 1999**

**ORKUSTOFNUN - RANNSÓKNASVIÐ**

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. - Sími 569 6000 - Fax 568 8896

Akureyri: Glerárgötu 36, 600 Ak. - Sími 463 0957 - Fax 463 0998

Netfang: [os@os.is](mailto:os@os.is) - Veffang: <http://www.os.is>



<b>Skýrsla nr:</b> OS-99112	<b>Dags:</b> Desember 1999	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> Hiti í berggrunni og hugmyndalíkan af jarðhitakerfum á höfuðborgarsvæðinu	<b>Upplag:</b> 75	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 100	
<b>Höfundar:</b> Grímur Björnsson Sigvaldi Thordarson Benedikt Steingrímsson	<b>Verkefnisstjóri:</b> Benedikt Steingrímsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Gagnaúrvinnsla, mat og líkan, lokaáfangi	<b>Verknúmer:</b> 8-610008	
<b>Unnið fyrir:</b> Orkuveitu Reykjavíkur		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Skýrslan er sú síðasta af þremur um hita í jörðu á höfuðborgarsvæðinu og hugmyndalíkan af þeim mörgu jarðhitakerfum sem Orkuveita Reykjavíkur nýtir. Í fyrri áföngum var gerð grein fyrir hitamælingum í borholum á Reykjvasvæðunum í Mosfellsbæ og á Elliðaársvæðinu. Í þessum áfanga er fjallað um úttekt á berghita á öllu svæðinu og rannsókn á hitamælingum í borholum vestan Elliðaár og berghita við þær. Holufjöldinn í gagnasafninu er vel yfir 300. Á grunni berghitaferla í þeim hafa kort sem sýna hita á 200 m, 500 m og 1000 m undir sjávarmáli verið uppfærð. Hár hiti á 200 m dýpi fylgir lágheatasvæðunum. Hiti er áberandi hæstur og útbreiddastur í Laugarnesi og á Reykjum. Settar eru fram nokkrar tilgátur um varma og massastrauma í jarðhitakerfunum. Einsýnt er að hiti djúpt í jarðhitakerfunum í Elliðaárdal og Reykjum er langt undir eðlilegum stigli. Lág, lárétt minnsta spennan í bergi á höfuðborgarsvæðinu kann að vera höfuðskýring þess hve kerfin eru afkastamikil.		
<b>Lykilorð:</b> Reykjavík, lágheati, jarðhitakerfi, borholur, berghiti, hitamælingar, hitakort, líkan	<b>ISBN-númer:</b> 9979-68-044-X	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 	
	<b>Yfirfarið af:</b> KS, PI	

## EFNISYFIRLIT

1.	INNGANGUR .....	9
2.	BORHOLUR OG MÆLIGÖGN .....	13
3.	HITADREIFING MEÐ DÝPI .....	17
4.	BERGHITI Á 200, 500 OG 1000 M DÝPI .....	21
4.1.	Hiti á 200 m undir sjávarmáli .....	21
4.2.	Hiti á 500 m undir sjávarmáli .....	24
4.3.	Hiti á 1000 m undir sjávarmáli .....	27
5.	BERGHITI Í ÞVERSNIÐUM .....	29
5.1.	Hitapversnið AA', frá Seltjarnarnesi til Rauðavatns .....	29
5.2.	Hitapversnið BB', frá Álftanesi til Álfsness .....	30
5.3.	Hitapversnið CC', frá Garðabæ til Korpuósa .....	31
5.4.	Hitapversnið, lína 1 í Mosfellsbæ .....	32
6.	LÍKAN AÐ INNRI GERÐ JARÐHITAKERFANNA Á HÖFUÐBORGAR- SVÆÐINU .....	35
7.	NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA.....	39
8.	HEIMILDIR.....	41
	VIÐAUKI 1. Berghitaferlar í R-holum.....	43
	VIÐAUKI 2. Berghitaferlar í H-holum .....	55
	VIÐAUKI 3. Berghitaferlar í HS-holum .....	63
	VIÐAUKI 4. Berghitaferlar í SN-holum .....	77
	VIÐAUKI 5. Berghitaferlar í holum í nágrenni Reykjavíkur.....	81
	VIÐAUKI 6. Ítarupplýsingar um borholur á höfuðborgarsvæðinu .....	87
	VIÐAUKI 7. Ensk samantekt (English summary) .....	93

## TÖFLUR

Tafla 1. <i>Dýptardreifing helstu borholna á Reykjavíkursvæðinu.</i> .....	14
Tafla 2. <i>Kennitölur við val holna inn á hitaþversnið.</i> .....	29
Tafla 3. <i>Ítarupplýsingar um R-holur.</i> .....	88
Tafla 4. <i>Ítarupplýsingar um H-holur.</i> .....	89
Tafla 5. <i>Ítarupplýsingar um HS-holur.</i> .....	90
Tafla 6. <i>Ítarupplýsingar um holur á Seltjarnarnesi.</i> .....	91
Tafla 7. <i>Ítarupplýsingar um holur í nágrenni Reykjavíkur.</i> .....	92

## MYNDIR

Mynd 1. <i>Lofthmynd af svæði því sem tekið er til umfjöllunar í skýrslunni.</i> .....	11
Mynd 2. <i>Staðsetning borholna á Stór-Reykjavíkursvæðinu.</i> .....	15
Mynd 3. <i>Staðsetning borholna í Laugarnesi.</i> .....	16
Mynd 4. <i>Staðsetning borholna í Elliðaárdal.</i> .....	16
Mynd 5. <i>Berghiti í R-holum á Laugarnessvæðinu.</i> .....	17
Mynd 6. <i>Berghiti í H-holum á Laugarnessvæðinu.</i> .....	18
Mynd 7. <i>Berghiti í holum á Elliðaársvæðinu.</i> .....	18
Mynd 8. <i>Berghiti í holum á Seltjarnarnesi.</i> .....	19
Mynd 9. <i>Berghiti á 200 m dýpi. Bil milli jafnhitaferla er 10°C.</i> .....	22
Mynd 10. <i>Fínni drættir í hita á 200 m dýpi í Laugarnesi og við Elliðaár.</i> .....	24
Mynd 11. <i>Berghiti á 500 m dýpi á höfuðborgarsvæðinu.</i> .....	26
Mynd 12. <i>Berghiti á 1000 m dýpi.</i> .....	28
Mynd 13. <i>Hitapversnið AA', frá Seltjarnarnesi til Rauðavatns.</i> .....	30
Mynd 14. <i>Hitapversnið BB', frá Álftanesi til Álfsness.</i> .....	31
Mynd 15. <i>Hitapversnið CC', frá Garðabæ til Korpuósa.</i> .....	32
Mynd 16. <i>Hitapversnið línu 1 í Mosfellsbæ, milli Svilaklappar og Hafravatns.</i> .....	33
Mynd 17. <i>Hugmyndalíkan að streymi heits og kalds vatns á höfuðborgarsvæðinu.</i> .....	36
Mynd 18. <i>Hiti í borholum fjarri (vinstri hlið) og nærri Esju (hægri hlið).</i> .....	37
Mynd 19. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-01 við Nóatún - Sigtún.</i> .....	43
Mynd 20. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-02 við Klambratún.</i> .....	43
Mynd 21. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-03 við Brautarholt.</i> .....	44
Mynd 22. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-04 við Hátún.</i> .....	44

Mynd 23. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-06 við Klambratún.</i> .....	44
Mynd 24. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-08 við Sigtún.</i> .....	44
Mynd 25. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-10 við Undraland.</i> .....	45
Mynd 26. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-11 við Suðurlandsbraut.</i> .....	45
Mynd 27. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-12 við Laugarnesveg.</i> .....	45
Mynd 28. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-13 við Laugarnesveg.</i> .....	45
Mynd 29. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-14 við Fúlutjörn.</i> .....	46
Mynd 30. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-15 við Seljadalsveg.</i> .....	46
Mynd 31. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-16 við Hátún.</i> .....	46
Mynd 32. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-17 við Undraland.</i> .....	46
Mynd 33. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-18 við Sigtún.</i> .....	47
Mynd 34. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-19 við Seljadalsveg.</i> .....	47
Mynd 35. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-20 við Kringlumýrarbraut.</i> .....	47
Mynd 36. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-21 við Laugaveg.</i> .....	47
Mynd 37. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-22 við Kringlumýrarbraut.</i> .....	48
Mynd 38. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-23 í Blesugróf.</i> .....	48
Mynd 39. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-24 í Elliðaárhólma.</i> .....	48
Mynd 40. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-25 í Blesugróf.</i> .....	48
Mynd 41. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-26 í Blesugróf.</i> .....	49
Mynd 42. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-27 í Blesugróf.</i> .....	49
Mynd 43. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-28 í Blesugróf.</i> .....	49
Mynd 44. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-29 í Blesugróf, Hraunprýði.</i> .....	49
Mynd 45. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-30 í Blesugróf, Dalbæ.</i> .....	50
Mynd 46. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-31 við Stekkjarbakka.</i> .....	50
Mynd 47. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-32 við Dvergshöfða.</i> .....	50
Mynd 48. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-33 í Smálöndum.</i> .....	50
Mynd 49. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-34 við Skipholt.</i> .....	51
Mynd 50. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-35 við Undraland.</i> .....	51
Mynd 51. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-36 í Blesugróf.</i> .....	51
Mynd 52. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-37 við Kermóafoss.</i> .....	51
Mynd 53. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-38 í Hátúni.</i> .....	52
Mynd 54. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-39 í Blesugróf, Vindheimum.</i> .....	52
Mynd 55. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-40 í Laugardal.</i> .....	52

Mynd 56. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-41 við Rafstöðvarveg.</i> .....	52
Mynd 57. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu R-42 við Korpuós.</i> .....	53
Mynd 58. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-15 í Laugardal.</i> .....	55
Mynd 59. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-16 við Rauðará.</i> .....	55
Mynd 60. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-17 við Héðinshöfða.</i> .....	56
Mynd 61. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-18 í Laugardal.</i> .....	56
Mynd 62. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-19 í Laugardal (bílastæði sundlauganna).</i> .....	56
Mynd 63. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-20 í Breiðholti.</i> .....	56
Mynd 64. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-21 við Holtaveg.</i> .....	57
Mynd 65. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-22 í Nauthólsvík.</i> .....	57
Mynd 66. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-23 við Steintún.</i> .....	57
Mynd 67. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-24 við Fúlutjörn.</i> .....	57
Mynd 68. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-25 við Sigtún.</i> .....	58
Mynd 69. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-26 í Laugardal (Þvottalaugablettur).</i> .....	58
Mynd 70. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-27 við Hátún.</i> .....	58
Mynd 71. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-28 við Rauðarárstíg.</i> .....	58
Mynd 72. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-31 við Laugaveg.</i> .....	59
Mynd 73. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-32 við Grensás–Miklubraut.</i> .....	59
Mynd 74. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-33 við Borgartún.</i> .....	59
Mynd 75. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-34 í Laugarnesi.</i> .....	59
Mynd 76. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-35 í Breiðholtsmýri.</i> .....	60
Mynd 77. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-36, austan Sæbrautar.</i> .....	60
Mynd 78. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-37 í Rauðhólum.</i> .....	60
Mynd 79. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-38, austan í Langholti.</i> .....	60
Mynd 80. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-39 við Elliðavatn.</i> .....	61
Mynd 81. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-40 í Gufunesi.</i> .....	61
Mynd 82. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu H-41 við Árbæjarstíflu.</i> .....	61
Mynd 83. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-03 við Ánanaust.</i> .....	63
Mynd 84. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-04 við Ægissíðu.</i> .....	63
Mynd 85. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-05 við Bjarnastaði.</i> .....	64
Mynd 86. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-06 við Akrakot.</i> .....	64
Mynd 87. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-07 við Víðistaði.</i> .....	64



Mynd 88. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-08 við Hvaleyrarbraut.</i> .....	64
Mynd 89. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-09 í Svínholti.</i> .....	65
Mynd 90. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-10 við Goðatún.</i> .....	65
Mynd 91. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-11 við Fífuhvamm.</i> .....	65
Mynd 92. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-12 í Leirdal.</i> .....	65
Mynd 93. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-13 við Nýbýlaveg.</i> .....	66
Mynd 94. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-14 á Lambhagamelum.</i> .....	66
Mynd 95. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-15 við Hestapingshól.</i> .....	66
Mynd 96. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-16 við Korpuósa.</i> .....	66
Mynd 97. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-17 í Grafarvogi.</i> .....	67
Mynd 98. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-18 á Korpúlfsstöðum.</i> .....	67
Mynd 99. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-19 á Keldum.</i> .....	67
Mynd 100. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-20 á Gufunesmelum.</i> .....	67
Mynd 101. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-21 á Blikastöðum.</i> .....	68
Mynd 102. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-22 í Digranesi.</i> .....	68
Mynd 103. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-23 á Bústaðahálsi.</i> .....	68
Mynd 104. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-24 í Skammadal.</i> .....	68
Mynd 105. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-25 í Geldinganesi.</i> .....	69
Mynd 106. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-26 við Hafravatn.</i> .....	69
Mynd 107. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-27 í Þormóðsdal.</i> .....	69
Mynd 108. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-28 í Álfsnesi.</i> .....	69
Mynd 109. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-29 við Svilaklöpp.</i> .....	70
Mynd 110. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-30 í Álfsnesi.</i> .....	70
Mynd 111. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-31 við Vatnagarða.</i> .....	70
Mynd 112. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-32 í Þormóðsdal.</i> .....	70
Mynd 113. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-33 í Geldinganesi.</i> .....	71
Mynd 114. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-34 í Uxamýri.</i> .....	71
Mynd 115. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-35 í Skarhólamýri.</i> .....	71
Mynd 116. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-36 við Nauthólsvík.</i> .....	71
Mynd 117. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-37 við Helgafell.</i> .....	72
Mynd 118. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-38 í Mosfellsdal.</i> .....	72
Mynd 119. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-39 á Sólvöllum.</i> .....	72
Mynd 120. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-40 í Örfirisey.</i> .....	72

Mynd 121.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-41 við Reykjahvol.</i>	73
Mynd 122.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-42 í Húsadal.</i>	73
Mynd 123.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-43 á Langatanga.</i>	73
Mynd 124.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-44 í Geldinganesi.</i>	73
Mynd 125.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-45 við Vatnsveituveg.</i>	74
Mynd 126.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-46 í Gunnunesi.</i>	74
Mynd 127.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-47 í Breiðholti.</i>	74
Mynd 128.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-48 við Hofstaði.</i>	74
Mynd 129.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-52 í Geldinganesi.</i>	75
Mynd 130.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-53 í Geldinganesi.</i>	75
Mynd 131.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-54 í Geldinganesi.</i>	75
Mynd 132.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-55 í Geldinganesi.</i>	75
Mynd 133.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-01 á Bakka.</i>	77
Mynd 134.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-02 við Bygggarða.</i>	77
Mynd 135.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-03 við Seftjörn.</i>	78
Mynd 136.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-04 við Bygggarða.</i>	78
Mynd 137.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-05 við Bygggarða.</i>	78
Mynd 138.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-06 við Nýjabæ.</i>	78
Mynd 139.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-07 við Ráðagerði.</i>	79
Mynd 140.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-08 á Nesi.</i>	79
Mynd 141.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-09 á Bakka.</i>	79
Mynd 142.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-10 á Bakka.</i>	79
Mynd 143.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-11 við Ráðagerði.</i>	80
Mynd 144.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-12 við Ráðagerði.</i>	80
Mynd 145.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu AB-01 á Bæjarhálsi.</i>	81
Mynd 146.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu AN-01 á Álfsnesi.</i>	81
Mynd 147.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu BA-04 við Bullaugu.</i>	82
Mynd 148.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu BA-05 við Bullaugu.</i>	82
Mynd 149.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu EB-02 við Esjuberg (Klif).</i>	82
Mynd 150.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu EG-01 við Eiði.</i>	82
Mynd 151.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu FV-01 á Bústaðahálsi.</i>	83
Mynd 152.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HL-01 við Hálogaland.</i>	83
Mynd 153.	<i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HT-01 á Hliðstanga.</i>	83

Mynd 154. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu HU-01 í Víðidal.</i> .....	83
Mynd 155. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu KF-04 við Kollafjörð.</i> .....	84
Mynd 156. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu KS-01 við Smiðjuveg.</i> .....	84
Mynd 157. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu KU-01 á Korpúlfsstöðum.</i> .....	84
Mynd 158. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu MD-02 í Miðmundadal.</i> .....	84
Mynd 159. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu MM-01 við Bústaðaháls.</i> .....	85
Mynd 160. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu RL-02 (B) við Reykjalund.</i> .....	85
Mynd 161. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu VR82-02 (1) á Grafarheiði.</i> .....	85
Mynd 162. <i>Hitamælingar og berghitaferill í holu VR82-03 (1) við Rauðavatn.</i> .....	85

## 1. INNGANGUR

Skýrsla sú sem hér birtist er sú síðasta af þremur slíkum sem fjalla um hita í jörðu á höfuðborgarsvæðinu, og hvernig hitadreifingin nýtist við að setja fram hugmyndalíkan af þeim fjölmörgu jarðhitakerfum sem nú eru í vinnslu hjá Orkuveitu Reykjavíkur. Áður hafa birst skýrslur um hita í Reykjasvæðunum í Mosfellsbæ (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995) og í Elliðaárdal (Ómar Sigurðsson 1995). Lýkur þar með úrvinnslu sem hefur staðið með hléum allt frá árinu 1992. Verulegt gagnasafn liggur að baki verkinu, bæði í borholum og í landfræðilegum upplýsingakerfum. Er vonandi að hér sé komin gagnleg viðbót við þá miklu þekkingu sem safnast hefur á 70 ára langri sögu Hitaveitu og síðar Orkuveitu Reykjavíkur.

Boranir eftir jarðhita á höfuðborgarsvæðinu hófust á árinu 1928 við Þvottalaugarnar í Laugardal. Tveimur árum síðar hófst rekstur Hitaveitu Reykjavíkur, forvera núverandi Orkuveitu Reykjavíkur. Boranir hafa haldið áfram til þessa dags og er fjöldi borholna, dýpri en 50 m, í Reykjavík og nágrenni orðinn vel yfir þrjú hundruð. Orkuveita Reykjavíkur nýtir þrjú lághitasvæði til hitaveitu, Laugarnessvæði og Elliðaársvæði innan borgarmarkanna og Reykjasvæðin í Mosfellsbæ. Þá nýtir Hitaveita Seltjarnarness lághitasvæði yst á Seltjarnarnesi. Flestar djúpar borholur höfuðborgarsvæðisins er að finna á þessum vinnslusvæðum, en allmargar rannsóknarholur, allt að 1000 m djúpar, hafa þó verið boraðar utan vinnslusvæðanna. Í fyrstu var um að ræða borholur sem boraðar voru með það fyrir augum að leita uppi líkleg vinnslusvæði og afmarka þau áður en kom að vinnsluborunum. Hin síðari ár hefur Orkuveita Reykjavíkur hins vegar borað nokkra tugi rannsóknarholna í grennd við vinnslusvæðin, m.a. til að kanna hita í berggrunninum út frá svæðunum. Orkustofnun tók að sér að vinna úr hitamælingum í þessum holum og ákvarða berghita. Í framhaldi af því var ákveðið að gera úttekt á tiltækum hitamælingum úr öllum borholum á höfuðborgarsvæðinu og setja fram berghitalíkan fyrir svæðið.

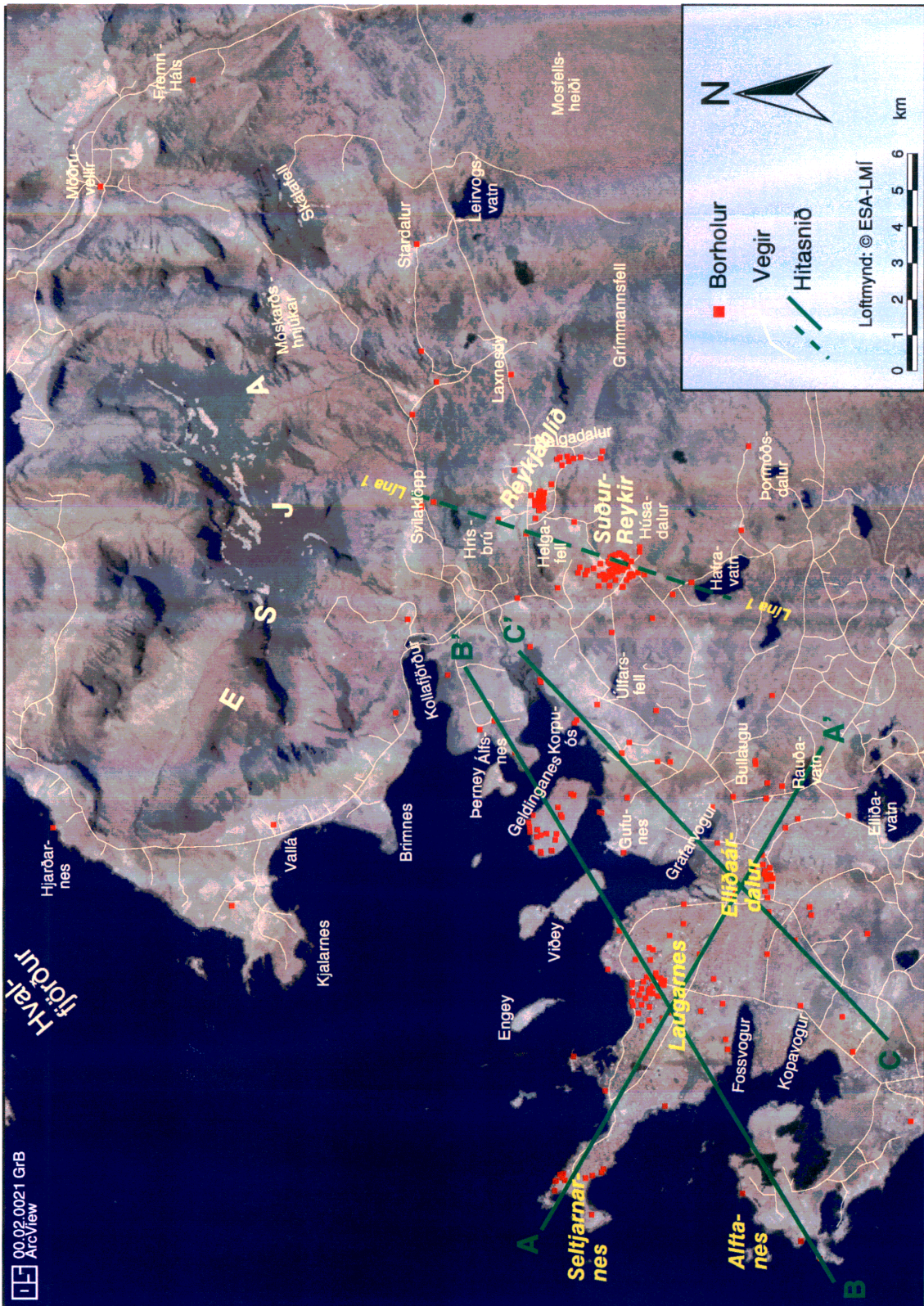
Fyrsti áfangi verksins var að skoða hitamælingar í borholum á Reykjasvæðunum og nágrenni þeirra. Nokkuð teygðist úr rannsóknarsvæðinu og fór svo að lokum að skoðaðar voru hitamælingar úr rúmlega 170 borholum á svæði sem afmarkast af Hvalfirði í norðri, Mosfellsheiði í austri og Heiðmörk í suðri. Vesturmörkin fylgja ströndinni norður frá Grafarvogi. Ákvarðaður var berghiti fyrir all flestar borholur á þessu svæði og niðurstöður birtar í skýrslu á árinu 1995 (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995). Meginatriði skýrslunnar voru jafnhitakort af svæðinu á 200, 500 og 1000 m dýpi miðað við sjávarmál en einnig voru unnin allmörg hitaþversnið. Hitalíkanið af Reykjasvæðunum sýnir að innstreymi í þau er úr tveimur gagnstæðum áttum. Úr norðaustri, frá Stardal og Fremra-Hálsi í Kjós, streymir rúmlega 100°C heitt vatn að jarðhitakerfinu í Mosfellsdal, en úr suðvestri sækir kalt vatn að jarðhitunum á Suður-Reykjum.

Í beinu framhaldi af rannsóknnum á berghita í og umhverfis Reykjasvæðin í Mosfellsbæ voru skoðar hitamælingar úr borholum á Elliðaársvæðinu (Ómar Sigurðsson 1995). Markmiðið með þeim athugunum var tvíþætt. Annars vegar að ákvarða berghita við holurnar og vinna hitakort af svæðinu líkt og gert var fyrir Reykjasvæðin. Hins vegar að meta hitabreytingar í jarðhitasvæðinu síðustu áratugina, en vatnshiti í vinnsluholunum

hefur farið lækkandi allt frá því að vinnsla hófst úr Elliðaáarsvæðinu fyrir þrjátíu árum. Helsta niðurstaða þessarar rannsóknar var að Elliðaáarsvæðið fengi vatn úr tveimur andstæðum áttum líkt og Reykjasvæðin. Heitur vatnsstraumur kemur skáhallt undan Gufunesi í norðaustri og nær upp á um 500 m dýpi inni á vinnslusvæðinu. Kalt aðstreymi kemur síðan úr suðvestri.

Á árinu 1996 var ákveðið að ljúka úttekt á berghita á höfuðborgarsvæðinu öllu og rannsaka hitamælingar í borholum vestan við Elliðaár og suður til Hafnarfjarðar og ákvarða berghita við þær. Verkið hefur dregist og komst ekki góður skriður á úrvinnsluna fyrr en á árinu 1998. Í þessari skýrslu er úrvinnslunni lýst og birt hitakort og hitasnið af svæðinu. Ákveðið var að láta hitakortin ná yfir Elliðaáarsvæði og norður á Sundin. Þá var sérstök áhersla lögð á að tengja hitakort Reykjasvæðanna við kortin í þessari skýrslu og jafnframt að uppfæra þau að niðurstöðum hitamælinga í þremur nýjum borholum í Mosfellsbæ.

Mynd 1 sýnir gervitunglamynd af svæði því sem lokaúrvinnsla hitakortanna nær yfir. Inn á hana eru færð helstu örnefni sem koma fyrir í textanum, borholur og vegir. Eins er sýnd lega hitasniða sem fjallað er um síðar í skýrslunni. Í allt þekur úrvinnslan hátt í 500 km<sup>2</sup> landsvæði. Telst það fremur viðamikið í heimi jarðhitarannsóknna.



Mynd 1. Loftmynd af svæði því sem tekið er til umfjöllunar í skýrslunni. Eins eru sýnd helstu örnefni, staðsetning holna og vegir.



## 2. BORHOLUR OG MÆLIGÖGN

Þær viðbótarholur sem vinna þurfti nýja berghitaferla fyrir lenda innan svæðis sem afmarkast af Lambert-hnitunum 680,5–697,5 km V og 404–416 km N. Staðsetning þeirra er sýnd á myndum 2–4. Innan ofangreindra hnita eru lágheitsvæðin í Elliðaárdal, Laugarnesi, Geldinganesi og á Seltjarnarnesi. Þess utan er svo jarðhitinn á Álftanesi, sem enn er lítt kannaður.

Fjórar meginholusyrpur mynda uppistöðuna í þessu verki. Þær eru:

1. R-holur, staðarnúmer 5001–5042, margar hverjar djúpar vinnsluholur í Reykjavík, aðallega á Laugarnes- og Elliðaársvæðinu.
2. H-holur, staðarnúmer 6001–6042, gamlar holur í Reykjavík, aðallega á Laugarnes- og Elliðaársvæðinu. Fæstar eru virkjaðar.
3. SN-holur, staðarnúmer 9601–9612, borholur á Seltjarnarnesi, ýmist vinnslu- eða rannsóknarholur.
4. HS-holur, hitastigulsholur í Reykjavík og nágrenni. Yfirleitt grunnar þar til í seinni tíð að þær eru boraðar í 500 til 1000 m dýpi til að afla megi upplýsinga um vatnsborðssveiflur til viðbótar við hitann.

Á athugunarsvæðinu á mynd 2 eru tæplega 150 borholur. Auk þess voru 38 MG-holur á Reykjasvæðunum í Mosfellsbæ hafðar með í heildargagnasafninu, sem tölvur jöpluðu á í forvinnslu hitasniða og -flata. Alltaf er álitamál hve langt á að ganga í túlkun á berghitaferlum og hitadreifingu í jaðarsvæðum. Það vinnulag tíðkast á Orkustofnun að berghiti í borholum er oftlega geymdur í sér gagnatöflum að lokinni túlkun. Á það t.d. við um holur á Seltjarnarnesi og við Elliðaár (Kerpinska 1994; Kristján Sæmundsson o.fl. 1994; Ómar Sigurðsson 1995). Voru þeir þá notaðir gagnrýnislaust hér. Þær holur sem eftir voru þurfti svo að túlka berghitaferla fyrir. Í allt voru búnir til 23 nýir berghitaferlar fyrir R-holur, 18 fyrir H-holur og 5 fyrir aðrar holur, samtals 46 nýir berghitaferlar.

Við túlkun berghitaferlanna var reynt að fylgja sömu grundvallarreglum og lýst hefur verið í fyrri skýrslum um berghita á þessu og nálægum svæðum (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995; Ómar Sigurðsson 1995). Yfirleitt eru til nokkrar hitamælingar í hverri holu, flestar gerðar kringum sjálfa borunina og fljótlega eftir hana. Sjaldnar, en þó oft, eru til mæligögn sem spanna mörg ár í sömu holunni. Reynt er þá að styðjast við þær mælingar sem gerðar eru þegar minnst truflun er og jafnframt leiðrétt fyrir áhrifum millirennslis. Þá er tekið tillit til vinnsluhita og dýpi á ráðandi æðar, hvort hitastigull á ákveðnum köflum fylgist alltaf að óháð holuástandi og hvaða botnhiti mælist eftir því sem borverki vindur fram. Í nokkrum tilfella var ekki hægt að túlka berghita fyrir holu, annaðhvort vegna þess að engar mælingar voru til, eða holustaðsetninguna vantar. Það á við um holur R-5, R-7, R-9, H-1–H-14, H-30 og H-42. Í holu H-29 er bara til ein hitamæling með óvissri dagsetningu og þar af leiðandi ástandi á mælitíma.

Dýptardreifing borholnanna á Reykjavíkursvæðinu er sýnd í töflu 1. Þar sést að R- og SN-holur eru flestar boraðar nokkuð djúpt (>1 km), en H- og HS-holurnar eru flestar



innan við 500 m djúpar. Gagnasafn hitamælinga er verulegt. Það er varðveitt í Oracle gagnakerfi á Orkustofnun og hefur svo verið um rúmlega 10 ára skeið. Fjöldi mælinga í R, H, HS og SN holum er t.d. tæplega 900 og mældu kílómetranir eru 650. Ef miðað er við að mælt sé á 10 m fresti og að hver mæling taki 4 klst fyrir 2 menn (allur fasinn, frá felti og þar til mælingin er innslegin og vistuð í gagnagrunni) fæst að líklega eru komin kringum 5 mannaár með 65.000 færslum í gagnasafnið. Og eru þá ótaldar mælingarnar á Reykjasvæðunum í Mosfellsbæ, en þær verða teknar með hér í síðari úrvinnslu.

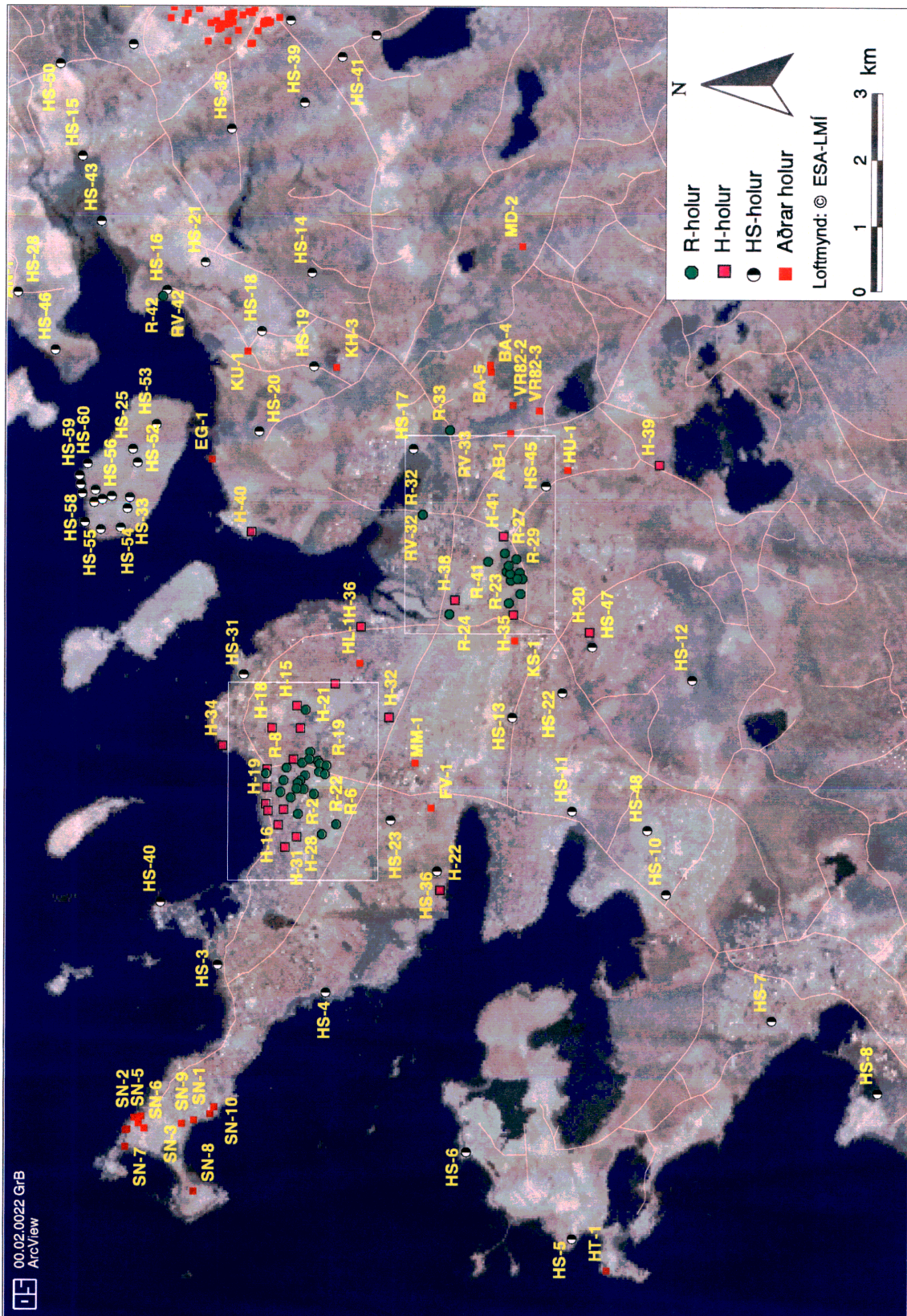
**Tafla 1.** *Dýptardreifing helstu borholna á Reykjavíkursvæðinu.*

<b>Dýptarbil</b>	<b>R-holur</b>	<b>H-Holur</b>	<b>HS-holur</b>	<b>SN-holur</b>	<b>Aðrar holur</b>	<b>Allar holur</b>
Dýpi < 150 m	0	0	18	3	10	31
150 m < dýpi ≤ 500 m	0	17	28	2	9	56
500 m < dýpi ≤ 1000 m	7	6	2	1	0	16
dýpi > 1000 m	32	0	2	6	2	42
Heildarfjöldi holna	39	23	50	12	21	145
Heildardýpi holna (km)	55,7	9,5	14,2	14,2	5,7	99,3
Meðaldýpi holna (m)	1429	415	284	1185	271	685
Fjöldi hitamælinga	409	128	212*	129		
Samtals km í hitamæl.	414	29	69*	137		

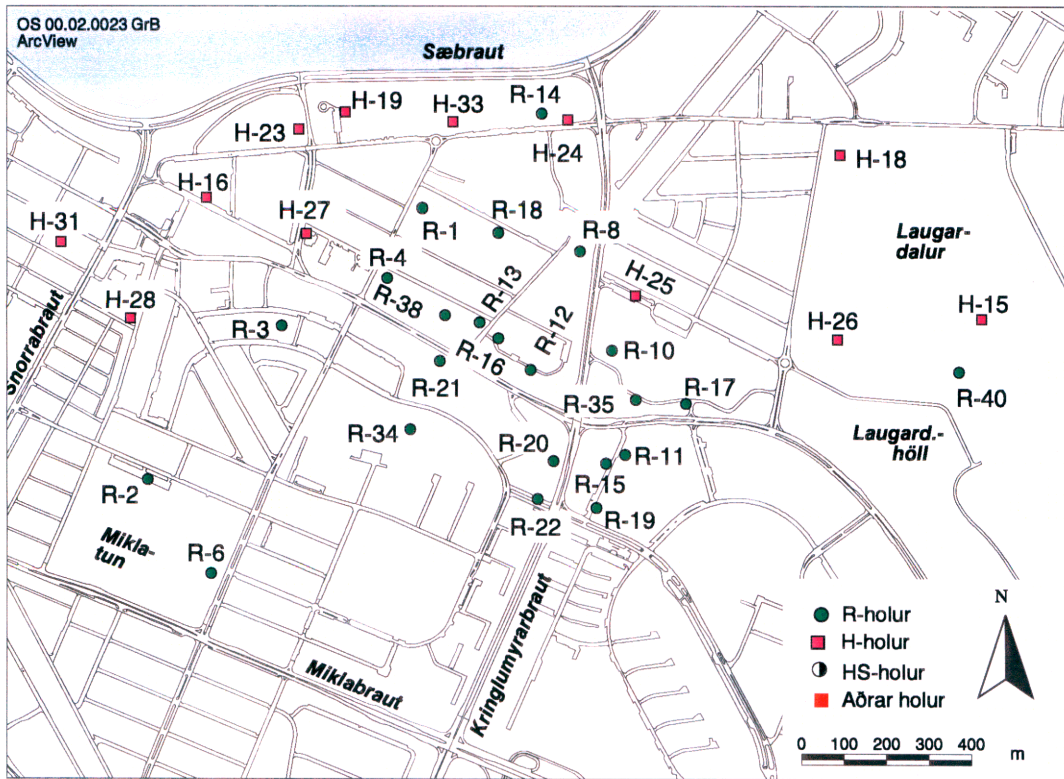
\* Hér er sýnd summa mælinga í öllum HS holunum, ríflega 60 holur alls.

Myndir 2–4 sýna hvernig ofangreindar holur dreifa sér um höfuðborgina og næsta nágrenni. Í viðauka 6 eru svo ítarupplýsingar um holurnar, t.d. dýpi, bortími o.s.frv. Auk R, H, HS og SN syrpnanna eru á myndum 2–4 slatti af holum boraðar á ýmsum tímum af hinum og þessum, líklega þó flestar af Vatnsveitu Reykjavíkur. Um þær gildir að séu á annað borð til nógu góðar hitamælingar í þeim, þá fylgja þær með í úrvinnslunni. Kennir hér að íslenskir holueigendur eru almennt fúsir að skila inn á Orkustofnun upplýsingum um holur sínar án þess að fylgi kvaðir um gagnaleynd. Er það að mati skýrsluhöfunda til fyrirmyndar og óskandi að svo verði áfram.

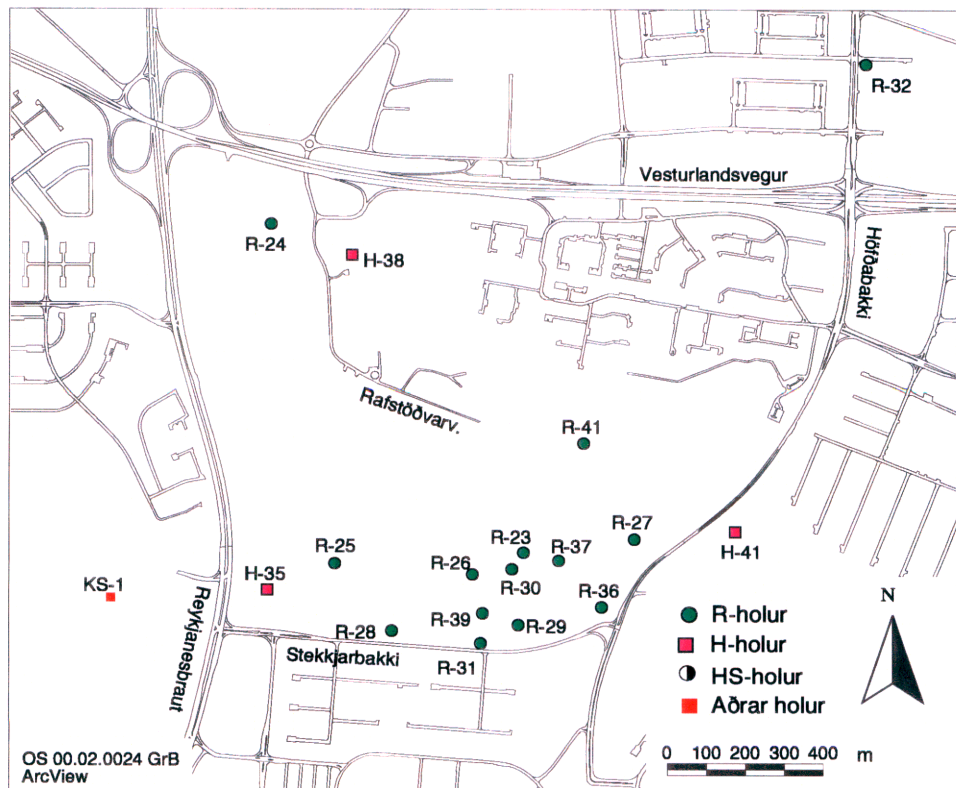
Þá er rétt að nefna að á mörgum flatarmyndanna eru nýttar lauga og vegabekjur sem nú eru varðveittar í ArcInfo kortagrunni Orkustofnunar. Voru þær unnar í tengslum við gerð nákvæmra jarðfræði-, berggrunns- og vatnafarskorta af höfuðborgarsvæðinu (Árni Hjartarson o.fl. 1992; Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1993; Árni Hjartarson o.fl. 1994; Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1997). Höfundar nutu góðrar aðstoðar þessa faghóps og kunnum við þeim bestu þakkir fyrir liðveisluna, einkum þeim Skúla Víkingssyni og Guðrúnu Sigríði Jónsdóttur.



Mynd 2. Staðsetning borholna á Stór-Reykjavíkursvæðinu. Holur innan hvítra ferninga eru sýndar nákvæmar á myndum 3 og 4.



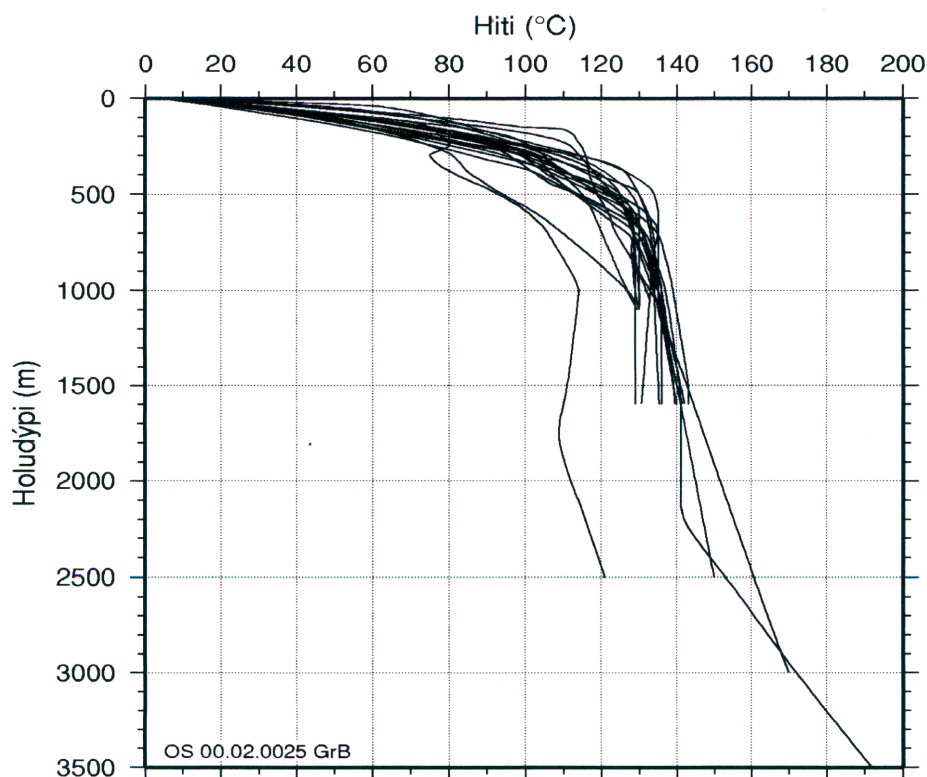
Mynd 3. Staðsetning borholna í Laugarnesi.



Mynd 4. Staðsetning borholna í Elliðaárdal.

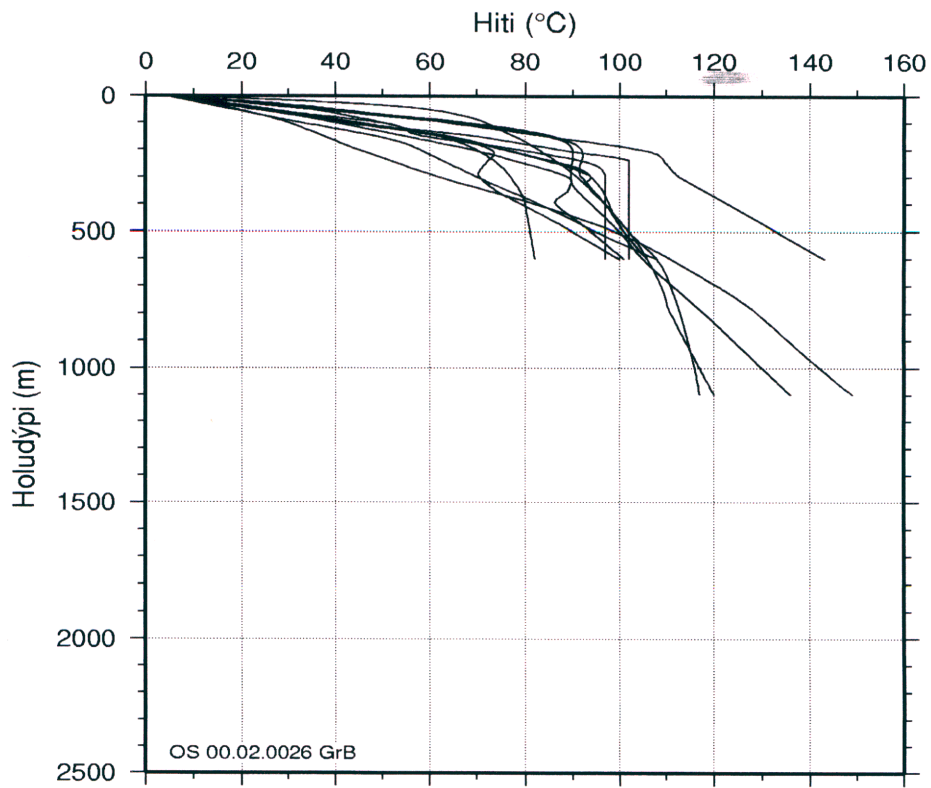
### 3. HITADREIFING MEÐ DÝPI

Áður en gengið er í að lýsa hitadreifingu á Stór-Reykjavíkursvæðinu í sniðum og flötum, er fróðlegt að skoða hvernig hitaferlar líta út með dýpi innan einstakra svæða. Myndir 5 og 6 sýna berghita R og H holusyrpnanna á Laugarnessvæðinu. Þar sést að berghiti hækkar ört niður á 200–400 m dýpi, en helst síðan nokkuð jafn niður á a.m.k. 1500 m dýpi. Er það til merkis um greiða, lóðrétta hræringu 130–140°C heits vatns. Dýpsta holan, R-34, er jöfn í hita niður á rúmlega 2200 m, en þar fyrir neðan vex hitinn eftir 40°C/km stigli. Hallaskilin má taka sem neðri mörk hræringar í jarðhitakerfinu. Sumar holurnar eru áfram á stigli neðan 200 m dýpis og fáein dæmi eru um viðsnúna berghitaferla.

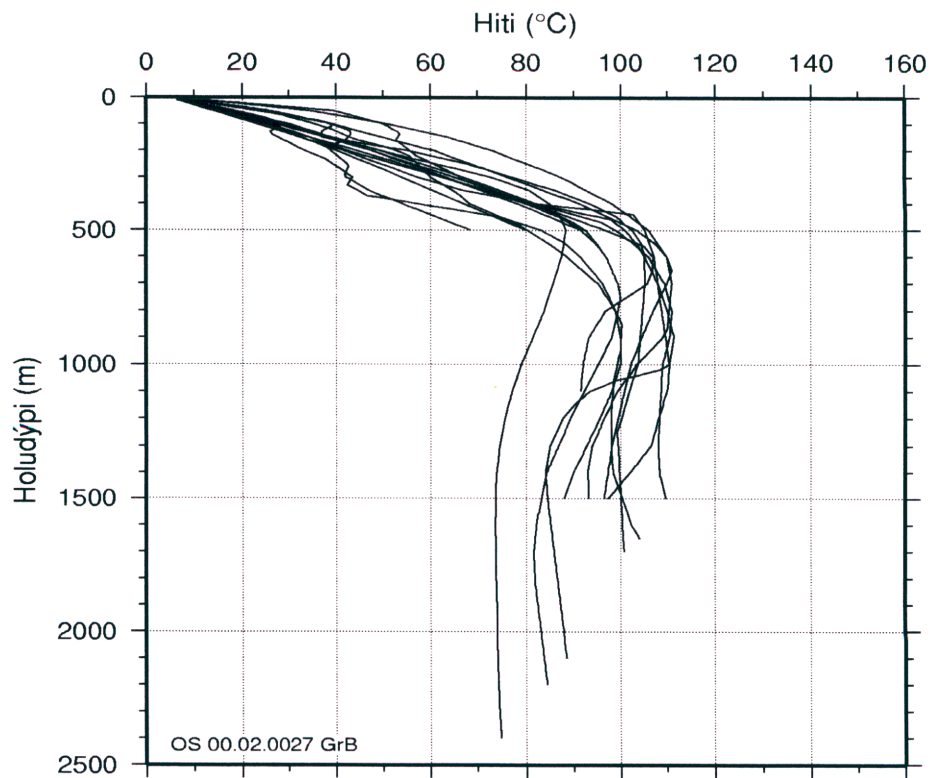


Mynd 5. Berghiti í R-holum á Laugarnessvæðinu.

Berghiti á Elliðaársvæðinu er sýndur á mynd 7. Nú bregður svo við að flestir hitaferlar eru viðsnúnir og er það veruleg breyting frá hitaástandinu í Laugarnesi. Um þessar mælingar hefur þegar verið fjallað af Ómari Sigurðssyni (1995). Þannig vex hiti samkvæmt stigli niður að 500 til 600 m dýpi. Þar tekur við 80-110°C heitt jarðhitakerfi niður á u.þ.b. 1000 m dýpi. Neðan þessa dýpis gerast hitaferlar viðsnúnir nema nyrst og austast (holur R-32 og R-33). Gætir hér blöndunar kalds og heits vatns í sama sprungukerfinu. Verður nánar vikið að því síðar. Þá eru vísbendingar um grunnstætt, 40–60°C heitt vatnskerfi ofan 400 m dýpis, í a.m.k. tveimur holum í Elliðaárdal.

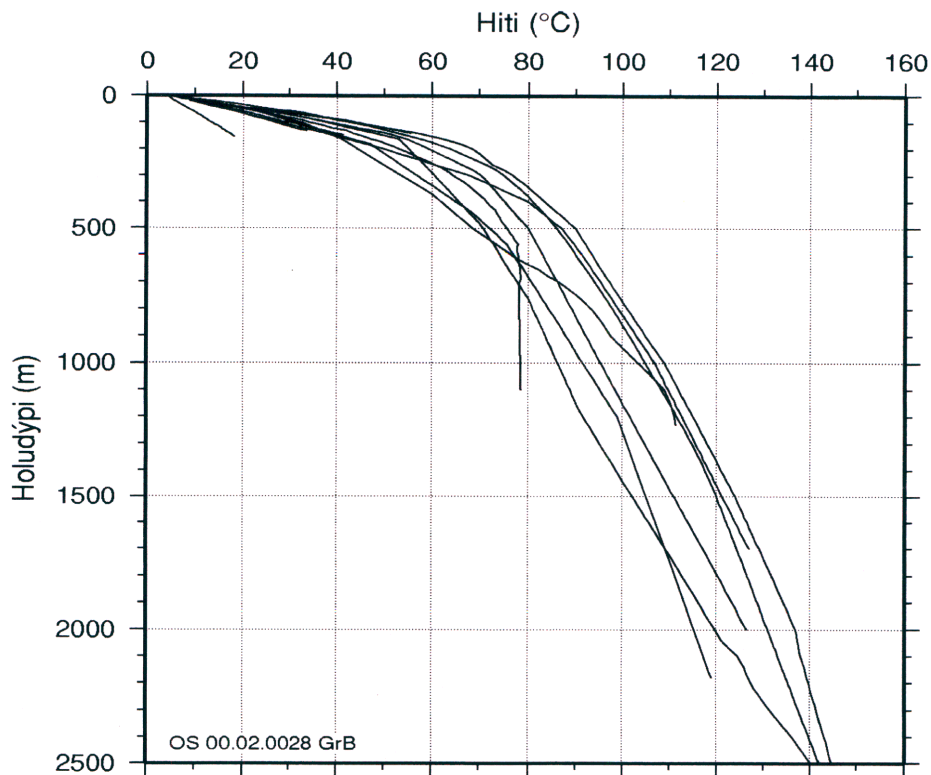


**Mynd 6.** Berghiti í H-holum á Laugarnessvæðinu.



**Mynd 7.** Berghiti í holum á Elliðaársvæðinu.

Mynd 8 sýnir svo berghita á Seltjarnarnesi samkvæmt túlkun Beata Kepinska (1994) og Helgu Tulinius. Berghita þar má almennt lýsa sem samsettum úr tveimur hitastiglum. Er stigullinn þannig hár í vísast lektarlitlu bergi niður í 200–400 m dýpi. Þar hægir á stiglinum en er þó áfram vaxandi sem nemur u.þ.b.  $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$ . Er það óvenju hár stigull í vinnslusvæði. Bendir það til að jarðhitakerfið þarna hafi ekki náð sama þroska í lóðréttri sprungulekt og t.d. í Laugarnesi. Þrátt fyrir það hefur tekist að örva holur á Seltjarnarnesi úr því að vera nánast þéttar við lok borunar upp í að verða ágætis vinnsluholur sem taka úr æðum niður að 2000 m dýpi (Guðni Axelsson o.fl. 1994). Verðugt er að skilja hvernig á því stendur. Takist það skapast e.t.v. forsendur fyrir borun eftir yfir  $150^{\circ}\text{C}$  heitum, vinnsluhæfum æðum djúpt í Laugarnesi.



**Mynd 8.** Berghiti í holum á Seltjarnarnesi.



## 4. BERGHITI Á 200, 500 OG 1000 M DÝPI

Á myndum 9–12 er sýndur berghiti á 200, 500 og 1000 m dýpi undir sjávarmáli. Þessi kort voru unnin í þremur fösum. Fyrst var berghita í öllum borholunum, sem sýndar eru á mynd 2, safnað saman og gerðar xyz skrár með berghita á þessum dýpum. Þessu næst voru forrit úr GMT pakkanum notuð til að draga jafnhitalínur í gegnum gögnin (Smith & Wessel 1990; Wessel & Smith 1991). Að venju er slíkt mjög takmörkuð aðferðafræði. Tölvudregnu jafnhitalínurnar eru nefnilega gersneyddar allri túlkun og innifela enga tilfinningu fyrir því hvað er að gerast t.d. á milli vinnslusvæðanna þar sem holur eru fáar og grunnar. Næsti fasi var síðan að endurteikna tölvudregnu ferlana í höndunum og smitast þannig inn tilfinning og túlkun skýrsluhöfunda fyrir hitafari á umræddu svæði.

Í síðasta fasanum voru svo hitaferlar svæðisins á mynd 2 sameinaðir hitadreifingunni sem þegar hefur verið áætluð fyrir Reykjiasvæðin í Mosfellsbæ (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995). Jafnframt voru þau hitakort löguð að berghita í tveimur nýjum HS holum við Köldukvísl og Minna-Mosfell (HS-50 og HS-51) og að holu sem var boruð í Selholti (SB-01) sumarið 1995. Samhæfingin reyndist nokkur vinna. Var fyrri túlkun frá 1995 í sumu breytt, sérstaklega um innnesin frá Grafarvogi og norður í Kollafjörð. Lokaafurðin er svo eitt og sama berghitakortið á þessum dýpum af öllum virkjuðum lágheitsvæðum Orkuveitu Reykjavíkur.

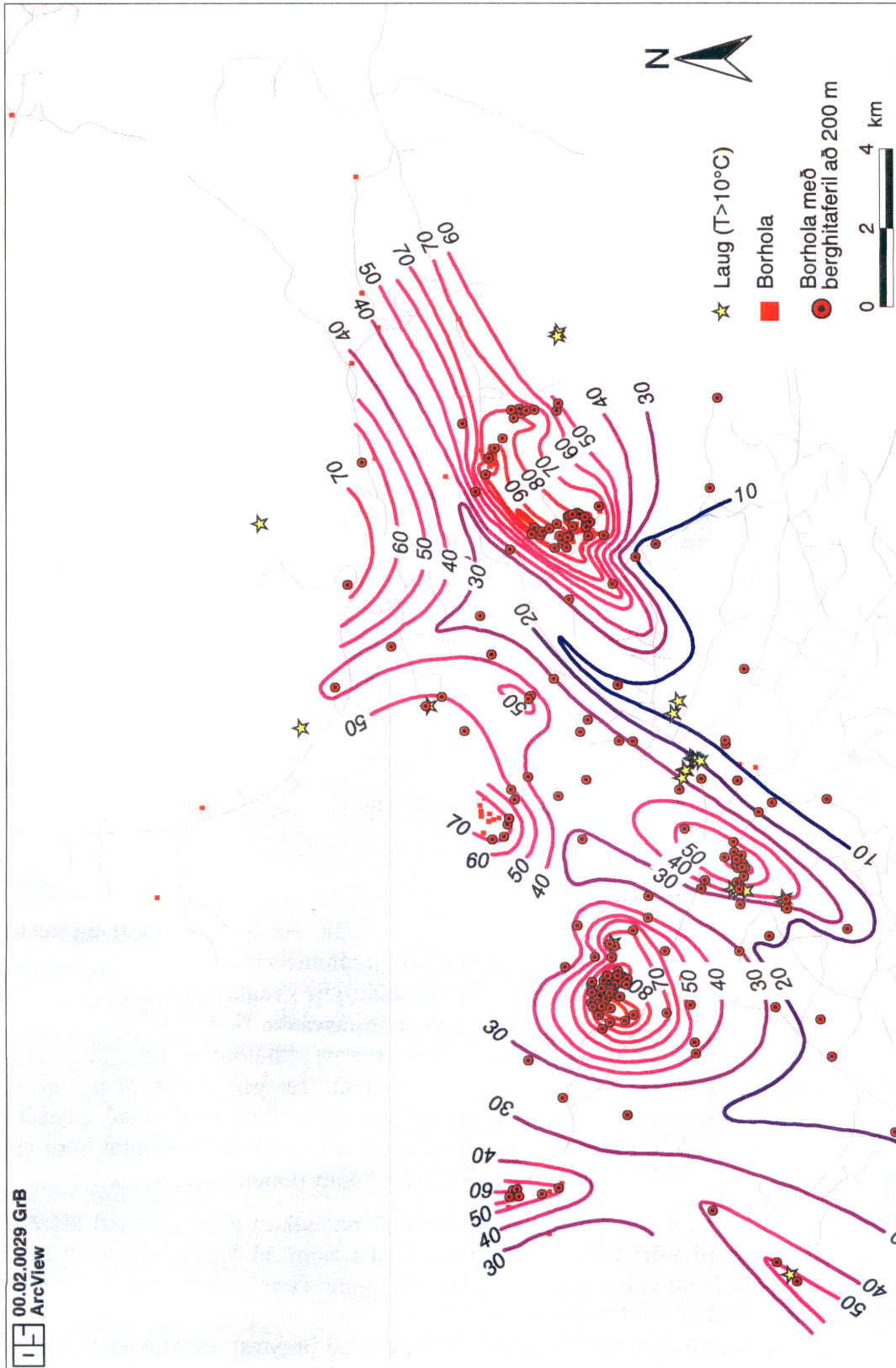
Þegar hitamyndirnar voru klárar í handriti lá næst fyrir að hnita þær inn í landupplýsingakerfi Orkustofnunar (ArcInfo). Þekjurnar eru nú hluti af gagnasafni Orkustofnunar og nýtast því til frekari rannsóknna á þessu svæði (eru geymdar á svæðinu /gis/safn/mosreyk/ og heita sam# þar sem # stendur fyrir 200, 500 eða 1000 m dýpi). Kortin eru í Lambert-kerfi, og hnattstaða miðar við Hjörsey 1955.

### 4.1. Hiti á 200 m undir sjávarmáli

Mynd 9 sýnir berghitann á 200 m dýpi undir sjávarmáli, frá Seltjarnarnesi og austur fyrir Reykjiasvæðin. Á myndinni eru sýndir vegir og jarðhitastaðir, hvoru tveggja fengið úr kortasafni Orkustofnunar. Jafnhitaferlar fara úr bláu yfir í rautt með vaxandi hita og eru sýndir á 10°C fresti. Myndin sýnir greinilega jarðhitasvæðin fjögur, á Seltjarnarnesi, Laugarnesi, við Elliðaár og á Reykjum, sem skarpa hitatoppa. Er þeir sýnu útbreiddastir og heitastir í Laugarnesi og á Reykjum. Er það í samræmi við afl svæðanna. Má e.t.v. nota viðlíka kort ein og sér sem vísbendingu um stærð íslenskra lághitakerfa. Þá er rétt að benda á að erfitt er að skýra hita á Elliðaársvæðinu öðru vísi en sem aflangt svæði til NNA, í samræmi við eldra hitakort (Ómar Sigurðsson 1995).

Hlíðahalli hitasvæðanna á mynd 9 er mikill. Hann er nærtækast að skýra með lóðréttri hræringu heits vatns til yfirborðs. Þá er rétt að taka fram að lögun hitasvæðisins á Seltjarnarnesi fylgir beint hitastigulskorti sem nú liggur fyrir í greinargerð (Kristján Sæmundsson o.fl. 1994). Er löguninni fylgt áfram í hitakortunum á 500 og 1000 m. Þann fyrirvara verður að gera hér að þessi lögun kann að breytast við frekari úrvinnslu gagna frá Seltjarnarnesi, en sem áður sagði fylgir þessi skýrsla í sumum tilvikum eldri heimildum gangrýnislaust.





Mynd 9. Berhiti á 200 m dýpi. Bil milli jafnhitaferla er  $10^{\circ}\text{C}$ .

Utan hitatoppanna á vinnslusvæðunum fjórum á höfuðborgarsvæðinu, koma einnig fram hitatoppar á Álftanesi, á Geldinganesi og við Korpuósa. Álftaneshitann verður að taka sem tilgátu, studda eftirfarandi rökum:

1. Jarðhiti er til staðar á yfirborði í sömu stefnu.
2. Hár hiti mælist í grunnnum holum á nesinu.
3. Stefna hitasvæðisins er í góðu samræmi við stefnu hitalína milli holna HS-7 og HS-8 í Hafnarfirði (mynd 2).

Hitasvæðið á Geldinganesi er hins vegar vel kannað með grunnnum og djúpum holum. Telst öruggt að þarna er um jarðhitakerfi að ræða (Þórólfur H. Hafstað 1999). Fylgir stefna hitasvæðisins á mynd 9 túlkun Þórólfs. Þá er gerð sú tilgáta á myndinni að hitinn á Álfsnesi sé af sömu rót runnin og hitinn í Geldinganesi.

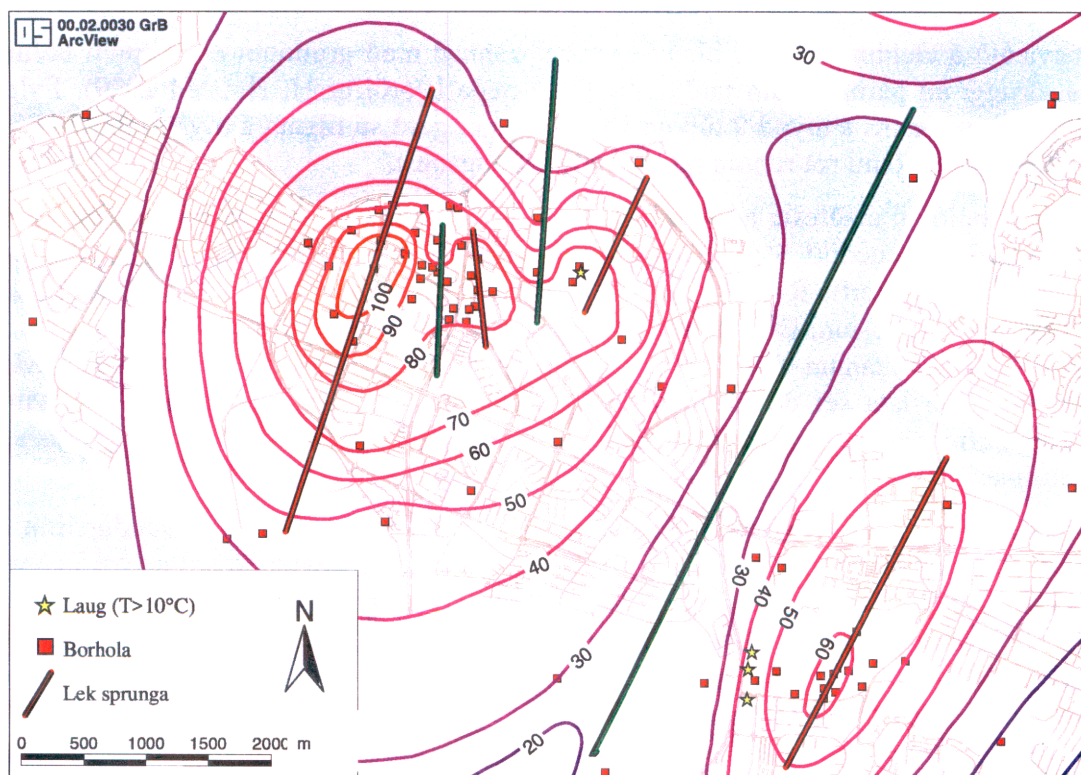
Einnig er búið að staðfesta að lóðrétt hræring eigi sér stað í berggrunni við holu R-42 við Korpuósa (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1994). Mjög lítið er hins vegar vitað um hitadreifingu umhverfis R-42, sökum holufæðar. Var því valin sú leið að sýna afmarkað hitasvæði á Korpuósum. Er það breyting frá fyrri túlkun, þar sem Korpuhitinn var látinn tengjast Álfsneshitanum (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995). Með þessu móti má láta sér detta í hug að Elliðaársvæðið og Korpa deili með sér sama sprungukerfinu, en að hitasvæðið slitni af ókunnum orsökum um norðanvert Keldnaholt og Gufunes.

Þá er nýjung á mynd 9 að hitasvæði Elliðaáa og Laugarness eru sýnd sundurslitin af "kaldri" tungu. Hún kemur að sunnan frá Vífilsstöðum, um Reykjanessbraut og Sæbraut og þaðan út á Sundin til Geldinganes. Þessi túlkun gæti reynst fallvölt þar sem sárlega vantar holur milli svæðanna til að ganga úr skugga um þetta. Kaldar holur í Gufunesi og í austanverðum Kópavogi og í Breiðholti ýta undir þessa túlkun, svo og skarpur láréttur hitastigull út frá jarðhitakerfunum í Elliðaárdal og í Laugarnesi. Hér gætir e.t.v. góðrar lektar í ungum sprungum. Að sama skapi er sýnd "köld" tunga um austanvert Álftanes og til norðurs um vesturbæinn í Reykjavík. Hér er aftur ákveðin tilgáta sett fram þar sem sárafáar og grunnar holur afmarka þetta. Allt eins gæti verið að þessi svæði liggi einfaldlega á u.þ.b. 100°C/km hitastigli og því hvorki óeðlilega kalt né heitt berg þar. Mikið eðlilegra sé að skilgreina þau sem óbrotin og þétt gagnvart vatnshræringu.

Nú má spyrja hvort sú úrvinnsla sem hér er sýnd beinist ekki um of að höfuðdráttum í hitadreifingunni og vanræki því finni drætti í hita einstakra vinnslusvæða. Þar er því til að svara að sökum mikils gagnamagns, innan borsvæða, er talsverð vinna að greina í sundur hita frá einni holu í aðra. Því var valin sú leið að nota GMT forritið. Það reitaskiptir athugunarsvæðunum og tekur meðaltöl ef margar holur lenda innan sama reitsins. Þessi aðferð smyr óneitanlega út skarpari drætti í hitadreifingunni en á móti ætti hún fremur að varðveita höfuðdrættina.

Mynd 10 sýnir dæmi um að þrátt fyrir þessa útjöfnun skarpra drátta, má enn sjá vísbendingar um ákveðnar línur í hitadreifingunni. Á myndinni er búið að blása upp hita í Laugarnesi á 200 m dýpi undir sjávarmáli. Þar eru hugsanlegar sprungur sem leiða heitt og/eða kalt vatn sýndar með línunum. Stefna þeirra er milli norðurs og norðausturs. Myndin sýnir vel aflangt hitasvæði Elliðaáakerfisins og eins er þarna sýnd tilgátan um að köld sprunga (eða þétt berg) aðskilji Laugarnesið og Elliðaárnar. Athygli vekur hve fáar holur eru í boði til að skorða betur af hitasvæðin tvö á myndinni. Til dæmis er

aðeins ein hola vestan Snorrabrautar og Öskjuhlíðar á myndinni. Fleiri holur suðaustan Laugarneshitans myndu einnig skera úr um hvort skoða eigi Laugarneskerfið sem tvö aflöng hitasvæði í stefnu NNA. Eins myndu holur boraðar norðan við Grafarvog segja nokkuð til um afdrif Elliðaárhitans í þá átt og hugsanlega tengingu upp í Korpuósa eða til Geldinganes. Þá eru ótalin sprungukort af þessu svæði, en hugsanlega má með samlestri við þau ráða í fleiri brotastefnur en mynd 10 sýnir.

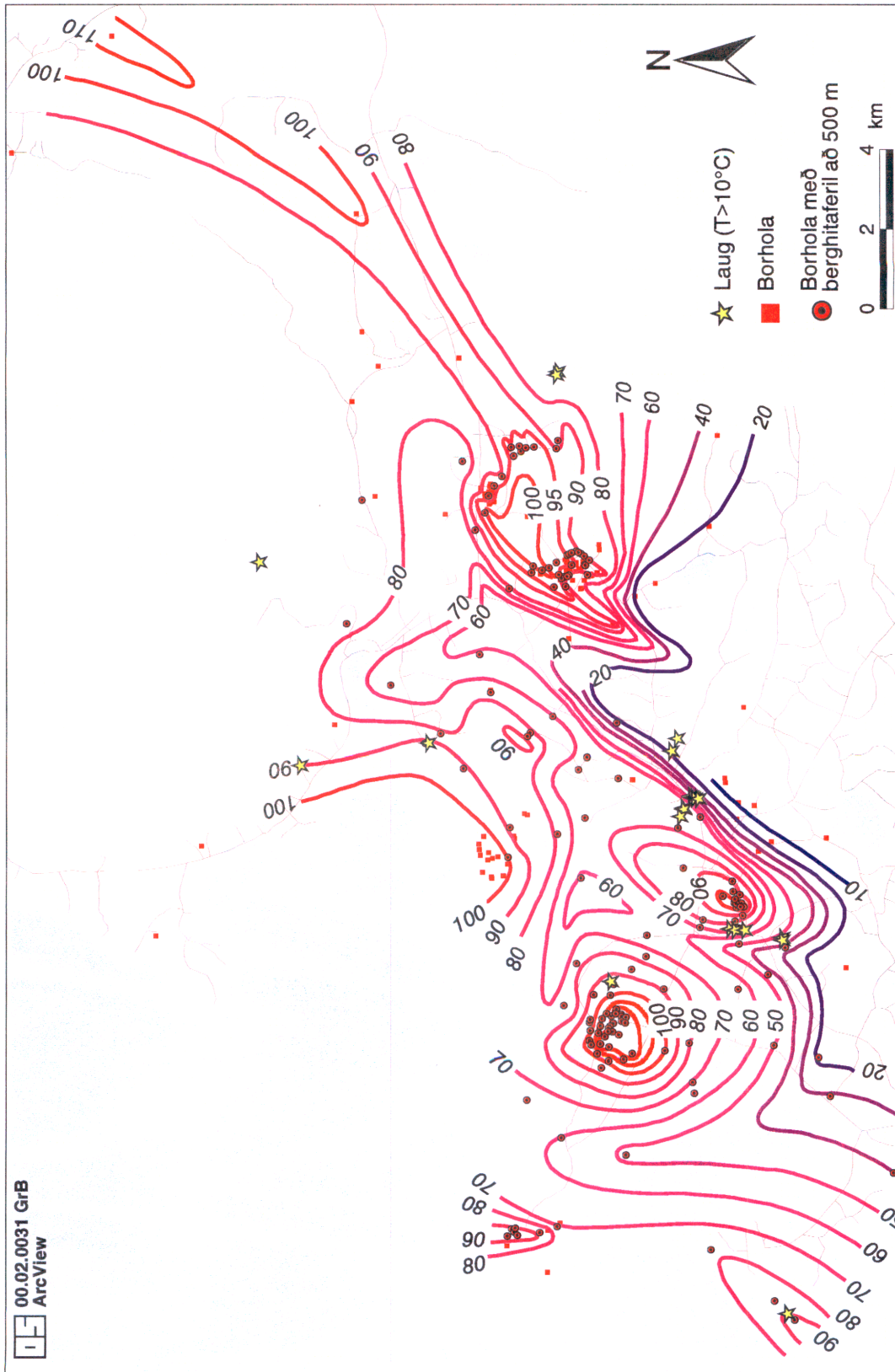


**Mynd 10.** Fínni drættir í hita á 200 m dýpi í Laugarnesi og við Elliðaár. Rauðar línur eru lekar sprungur en grænar tákna sprungur með köldu vatni (eða heillegt berg).

### 3.2. Hiti á 500 m undir sjávarmáli

Mynd 11 sýnir áætlaða dreifingu berghita á 500 m dýpi undir sjó. Henni svipar í aðalatriðum til þess sem gerist á 200 m u.s. utan að nú gerast hitabrekkur allbrattar til kaldra vatnskerfa í suðri og austri frá jarðhitnum í Laugarnesi, við Elliðaár og á Reykjum. Sú breyting verður á köldu tungunni, sem var kennd við Úlfarsfell í fyrri hitakortum, að hún hefur grynnað og styst til norðurs með borun holu HS-50 við Köldukvísl. Eins er komin afgerandi tenging milli jarðhitans í Helgadal og til norðausturs að Fremra-Hálsi sökum holunnar heitu sem var boruð í Selholti. Telst tilvera þessa heita straums úr norðaustri inn á Reykjasvæðin þar með sönnuð, en í fyrri hitakortum helgaðist þessi tenging fyrst og fremst af þrýstisambandinu sem mældist milli Reykjasvæðanna og Fremra-Háls (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995).

Í rauninni er með fádæmum hve hitaskil eru skörp í suðri og austri frá vinnslusvæðum Orkuveitunnar. Sýnir það hve ungu gjárnar á þessum slóðum eru vel lekar. Steypist kalt vatn greinilega langt ofan í þær. Segja má að skilin hafi nú fengið styrka stoð með borun holu HS-48 í Garðabæ árið 1996. Áður voru það fyrst og fremst kaldavatnsholur við Rauðhóla, Elliðavatn og í Grenkrika, auk djúprar holu í Kaldárseli, sem gáfu til kynna að hitaskilin gætu verið svo skörp sem raun er. Þessi skil hljóta óhjákvæmilega að hafa áhrif á dælingu úr jarðhitasvæðunum. Er reyndar þegar búið að finna fyrir kólnun frá þeim í vinnsluholum í Elliðaárdal og á Suður-Reykjum. Hér kennir væntanlega hreyfinga í sprungukerfi Krýsuvíkureldstöðvarinnar sem virðist greiða köldu vatni leið inn í sum jarðhitakerfin á Reykjavíkursvæðinu. Hefur svo verið um langa hríð. Er þá t.d. haft mið að köldum en mikið ummynduðu bergi í holum við Hafravatn (Jens Tómasson o.fl. 1994).



Mynd 11. Berghiti á 500 m dýpi á höfuðborgarsvæðinu.

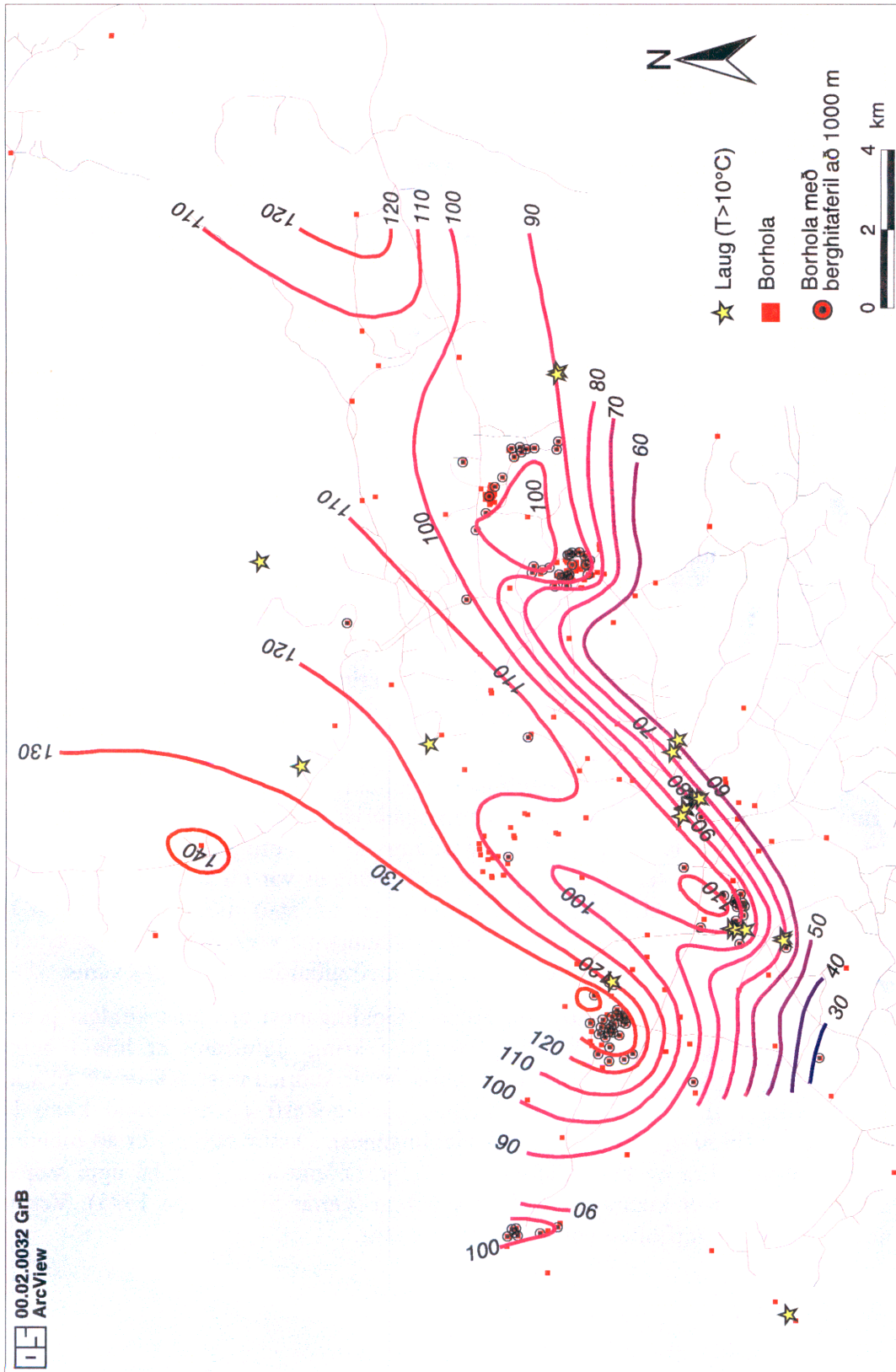
### 4.3. Hiti á 1000 m undir sjávarmáli

Mynd 12 sýnir hvernig berghiti er áætlaður á 1000 m dýpi undir sjávarmáli. Mjög fáar holur ná þessu dýpi utan vinnslusvæðanna, en á móti vegur að láréttar hitabreytingar eru væntanlega ekki eins skarpar og ofar. Enn er þó ákaflega kalt í suðri og er þá eingöngu byggt á djúpu holunni HS-48 í Garðabæ. Sú breyting hefur orðið frá fyrri túlkun (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995) að búið er að mýkja verulega köldu tunguna úr suðri norður um Úlfarsfell jafnframt því sem dregið er úr svæði með mjög háum hita við Vallá á Kjalarnesi.

Almennt má segja að hitakortið á mynd 12 einkennist fyrst og fremst af hitabrekku með NA-læga stefnu í suðaustri sem rís síðan upp í stall með u.þ.b. 100°C hita um Grafarvog og Korpuósa. Eftir það stígur hiti lárétt mjög rólega til VNV uns áætluðum 140°C hámarkshita er náð við Vallá. Svo hár hiti er einnig talinn ríkja í NA-verðu Laugarnessvæðinu, jafnframt því að hitaferlar svæðisins eru nú opnir til norðurs út á haf. Enn á ný er hér tilgáta á ferð sem mótast að miklu leyti af tilfinningu skýrslu-höfunda. Þó má nefna mikilvæga uppgötvun, jarðhitakerfi sem Hvalfjarðargöngin skáru. Nú vill svo til að þrýstistaða þess er u.þ.b. 25 m neðan við sjávarmál (Kristján Sæmundsson og Grímur Björnsson 1993). Er talið öruggt að þar valdi samband við vinnsluna í Laugarnesi eða á Seltjarnarnesi. Þar sem dæling er umtalsvert meiri í Laugarnesi en á Seltjarnarnesi er talið mun líklegra að lág þrýstistaða í Hvalfirði stafi af dælingu úr fyrrnefnda svæðinu. Í ljósi þessa er 130°C hitalínan dregin samfellt yfir sundin og upp á Kjalarnes, austan 140°C heitrar Vallárholunnar. Með þessum hætti fæst fram tilgáta um að Laugarnessvæðið sé myndað af heitum vatnsstraumi aðrunnum 10 til 20 km leið úr norðri.

Reyndar er ástæða að gefa hita- og seltumælingunum sem var safnað í Hvalfjarðargöngunum sérstakan gaum. Göngin skáru nefnilega þrjár lóðréttar megin sprungur u.þ.b. 1 km undan landi að sunnan (NV af Hjarðarnesi á mynd 1). Voru þær ytri kringum 60°C heitar og gáfu tiltölulega ferskt vatn, meðan miðsprungan var einungis rúmlega 30°C heit og skilaði þar að auki ísöltu vatni. Þarna á sér nú stað niðurrennsli af sjó til jarðhitakerfis sem er í vinnslu og er þessi breyting mannanna verk. Sýnist fyllsta ástæða til að skoða hvort bregðast eigi við því ástandi, t.d. með niðurdælingu fersks vatns.

Þá er athyglisvert á mynd 12 að dýpsta holan í Geldinganesi er einna köldust þeirra heitavatnsholna sem hafa verið boraðar þar allt í kring. Jafnframt er hún í beinu framhaldi af “köldu” tungunni sem kemur þarna að úr suðri. Freistandi er að ætla að sjálfstæð hræring eigi sér stað í þessu meinta sprungukerfi og að vatnið komi þá eingöngu úr suðri, hitni og rísi síðan undir Geldinganesi. Önnur skýring er að blöndun eigi sér stað milli heitra og kaldra strauma úr gagnstæðum áttum. Er þá uppi svipað innra ástand og þegar er kunnugt á Elliðaársvæðinu (Ómar Sigurðsson 1995). Verður vikið nánar að þessu í umfjöllun um hitasnið hér á eftir.



Mynd 12. Berghiti á 1000 m dýpi.

## 5. BERGHITI Í ÞVERSNIÐUM

Jafnhitalínurnar á myndum 9–12 eru að nokkru byggðar á hitasniðum þvers og kruss um landssvæðið sem sýnt er á mynd 1. Hér á eftir verða sýnd 3 slík snið (myndir 13–15), kölluð AA', BB' og CC'. Eins er birt til upprifjunar eitt af sniðunum sem áður hafa verið teiknuð í Mosfellsbæ. Lega þeirra allra er sýnd á mynd 1. Holum var varpað inn á sniðið með heimagerðu forriti Orkustofnunar, 'hitasnid'. Er þá valin viðmiðunarhola sem sniðið fer í gegnum, stefna sniðsins og hversu langt út frá sniðinu sækja má holu. Tafla 2 sýnir hvernig holur voru valdar inn á sniðin sem sýnd eru á myndum 13–15.

**Tafla 2.** Kennitölur við val holna inn á hitaþversnið.

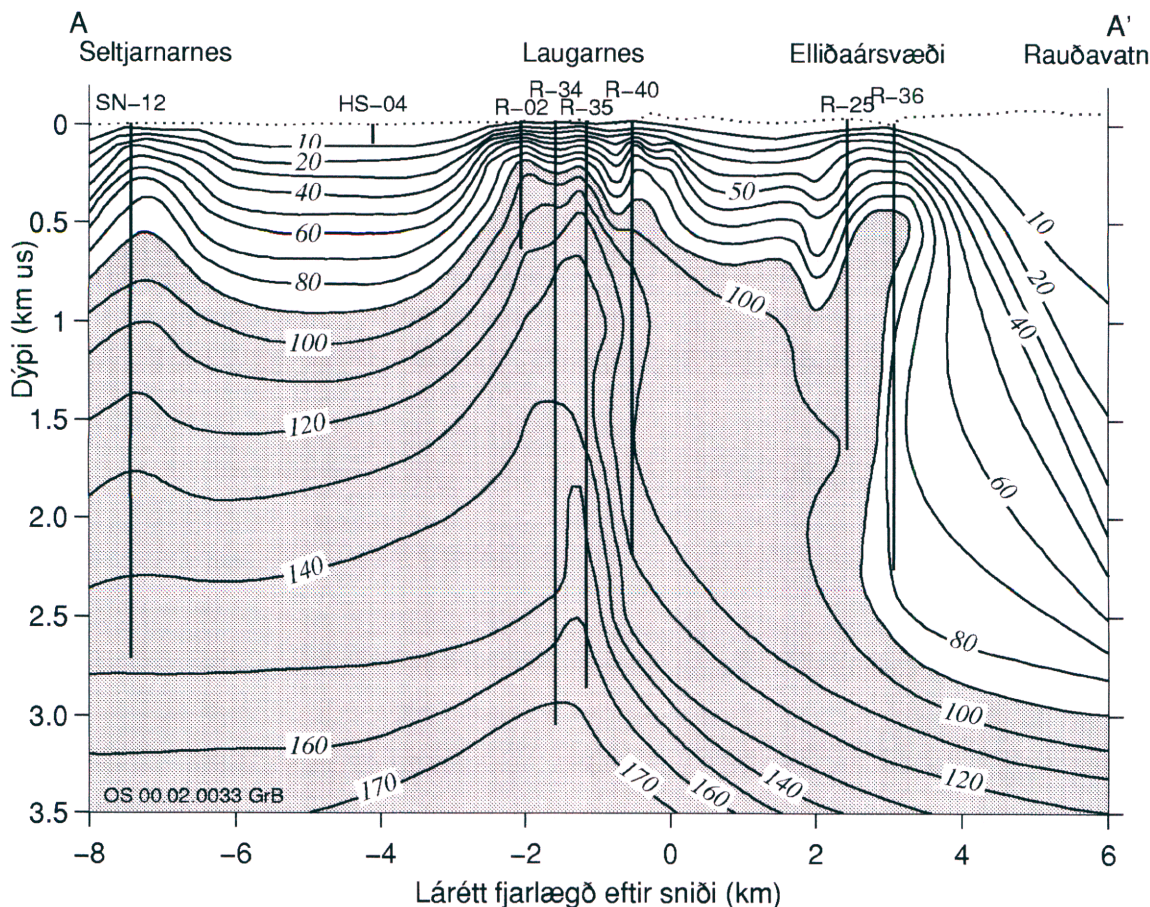
Snið númer	Viðmiðunarhola	Horn frá norðri (°)	Mesta fjarl. til holu (m)	Fjöldi holna í sniði
AA'	H-32	120	1500	80
BB'	R-34	59	1200	56
CC'	H-38	48	1500	40

### 5.1. Hitapversnið AA', frá Seltjarnarnesi til Rauðavatns

Snið AA' á mynd 13 liggur frá vestri um Seltjarnarnes til austurs um Laugarnes og Elliðaár að Rauðavatni. Til hagræðis eru yfir 90°C heit svæði innan sniðsins skyggð. Sem áður sker Laugarneskerfið sig úr hvað varðar háan hita á litlu dýpi. eru svæðin á Seltjarnarnesi og í Elliðaárdal ekki nærri jafnheit grunnt. Annar ráðandi þáttur á myndinni er sá lági hiti sem ríkir í austri og teygir sig inn undir Elliðaársvæðið. Þarna er enn á ferð kalt og vel lekt sprungustykki Krýsuvíkureldstöðvarinnar. Köldu tungurnar, milli Seltjarnarness og Laugarness annars vegar og milli Laugarness og Elliðaáa hins vegar, eru nánast heitar miðað við berghitann austast í sniðinu. Hugsanlega er berg þarna mjög heillegt og lekt lág, þ.a. hiti fylgi einfaldlega u.þ.b. 100°C/km stigli.

Þá er athyglisvert á mynd 13 hve Laugarneskerfið er heitt. Til dæmis rís 120°C jafnhitalínan upp á um 800 m dýpi í Laugarnesi, á 1400 m á Seltjarnarnesi og finnst síðan ekki undir Elliðaám fyrr en e.t.v. á 3 km dýpi. Svo hár hiti finnst síðan ekki á Reykja- svæðunum í Mosfellsbæ (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995). Sýnir það að Laugarneskerfið sker sig mjög frá hinum svæðunum þremur. Hlýtur það að eiga sér annað tveggja mjög djúpstætt hringrásarkerfi, eða að meint aðstreymi úr norðri sé svona heitt.





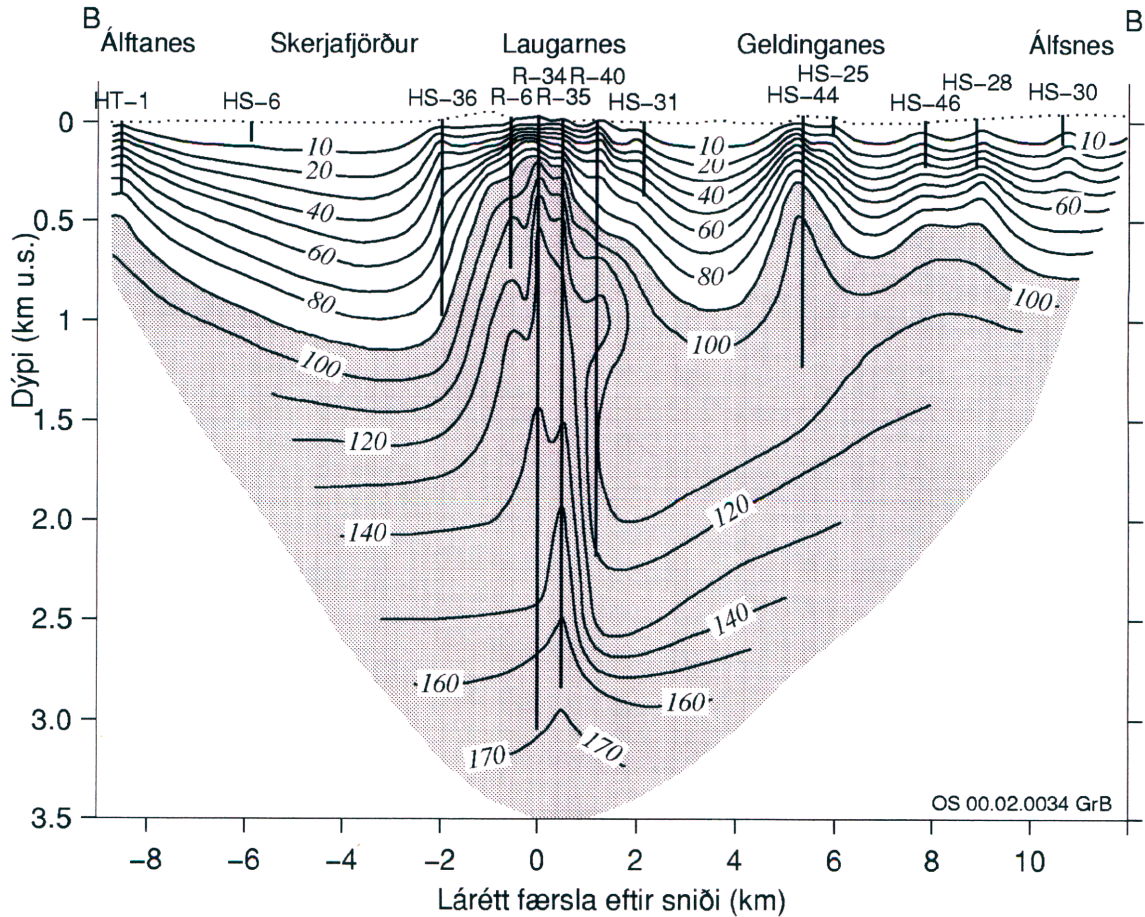
Mynd 13. Hitavarsnið AA', frá Seltjarnarnesi til Rauðavatns.

Þann fyrirvara verður að ítreka að hitinn milli Laugarness og Seltjarnarness er illa þekktur. Stjórnast áætlaður berghiti þar ef til vill um of af hita í rótum þessa tveggja svæða, einkum á miklu dýpi. Hér fæst ekki úr skorið fyrir en boruð er 500–1000 metra djúp hola á þessum slóðum. Gæti þá allt eins komið í ljós að þessi kafli bergs virki óeðlilega heitur neðan 1 km dýpis og rætur jarðhitakerfanna að sama skapi kaldar.

## 5.2. Hitavarsnið BB', frá Álftanesi til Álfsness

Mynd 14 sýnir hitasnið sem liggur frá SV til NA um Álftanes, skáhallt yfir Laugarnes, Geldinganes og endar á Álfsnesi. Hér koma skýrt fram hitatoppar Laugarness og Geldinganes, auk þess sem breitt hitasvæði er undir Álftanesi. Vert er að staldra aðeins við þennan þátt úrvinnslunnar. Svo virðist nefnilega af þeim takmörkuðu upplýsingum sem fyrir liggja um jarðhitann á Álftanesi, að hitadreifing þar sé að lögun einna næst því sem nú finnst tíðum við hitastigulsboranir á köldum svæðum, þ.e. jarðhitakerfi skýrt afmarkað af einni lóðréttri sprungu. Má þar nefna til jarðhitasvæðið á Þórsnesi við Stykkishólm (Grímur Björnsson o.fl. 1997). Einkenni þess er að hiti teygir sig samhverft eftir einni afgangi sprungu og er spönn hitasvæðisins um 2 km milli SSA og NNV. Hugsanlegt er að Álftaneshitinn sé af sama tagi og e.t.v. þá líkastur því sem nú mælist í Geldinganesi. Reynist svo má afmarka nokkuð nákvæmlega meinta Álftanessprungu með 10–20 grunnum leitarholum áður en borun djúprar holu yrði

reynd. Skilyrði þess að þetta heppnist er að sprungan liggja að hluta á landi svo bora megi beggja vegna við hana.

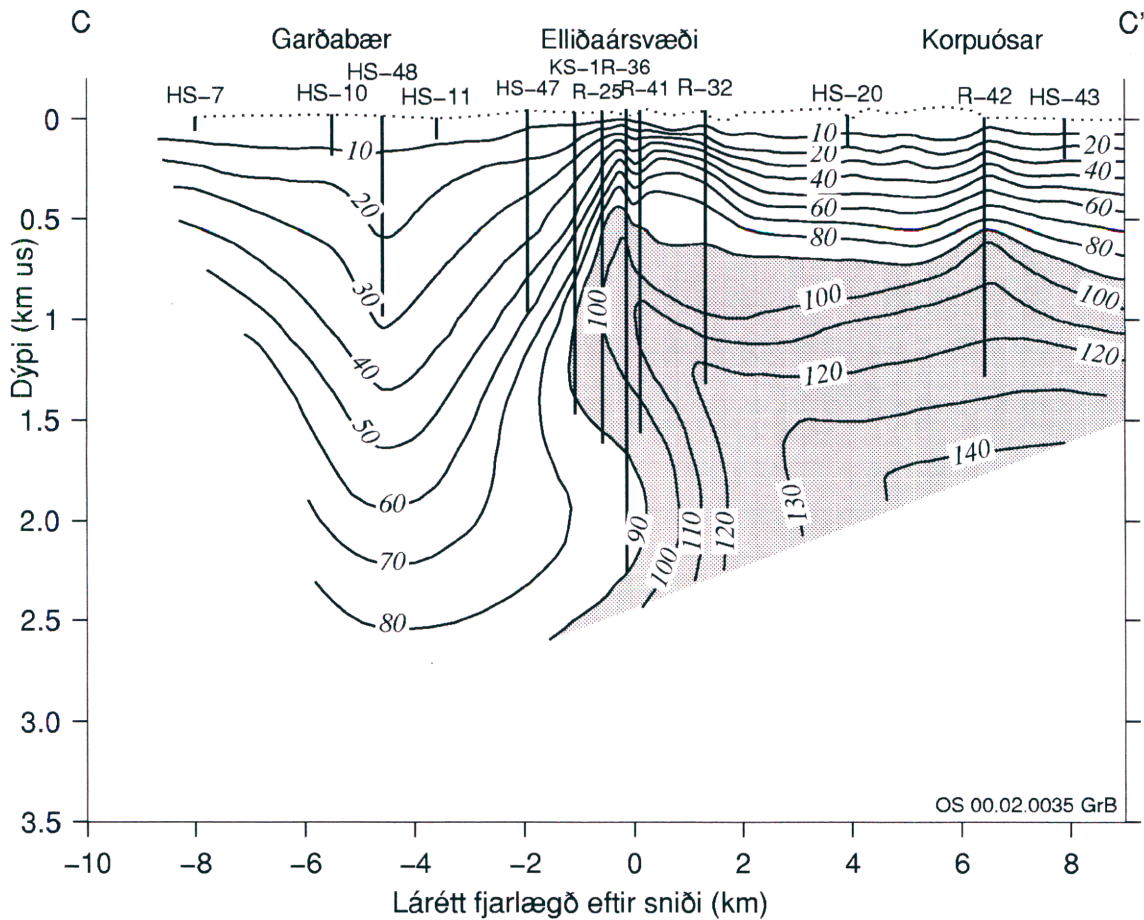


Mynd 14. Hitavversnið BB', frá Álftanesi til Álfsness.

### 5.3. Hitavversnið CC', frá Garðabæ til Korpuósa

Mynd 15 sýnir hitasnið dregið frá SSA um Garðabæ, yfir Elliðaárdal og að Korpuósum. Hér er sýnt hvernig Elliðaársvæðið er talið eiga sér heitt uppstreymi sem kemur þá undan Keldnaholti og rennur síðan skáhallt upp á við til núverandi vinnsluholna í Elliðaárdal. Á móti sækir síðan verulega kaldara vatn úr suðri. Svipað á sér stað á Reykjum (mynd 16). Sýnist nokkuð ljóst að bæði svæðin eiga tilurð sína í sprungukerfum Krýsuvíkureldstöðvarinnar og að jarðhiti sé á yfirborði nánast beint þar yfir sem heitur vatnsstraumur úr norðri og kaldur úr suðri mætast.

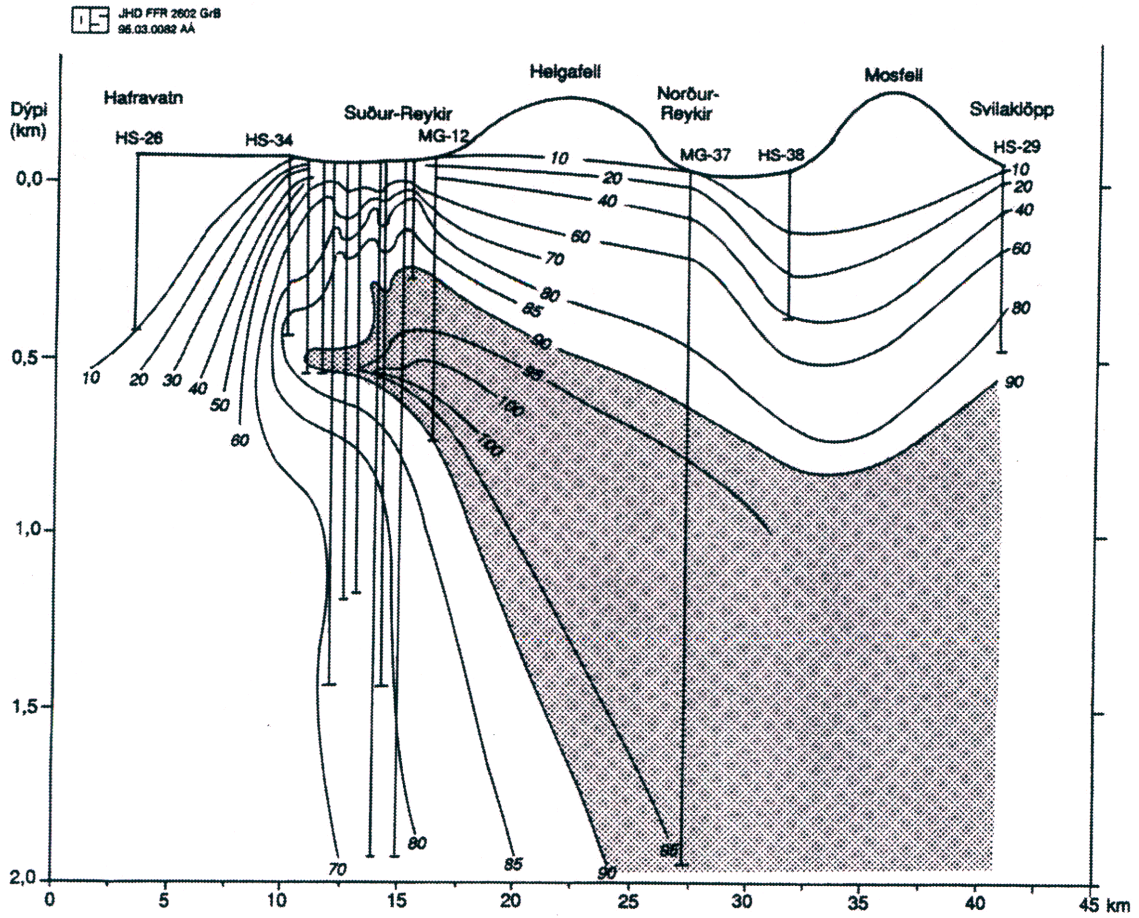
Annar athyglisverður þáttur á mynd 15 er sá lági hiti sem einkennir holu HS-48 í Garðabæ. Aftur er erfitt að skýra hann nema með lóðréttri sprungulekt nærri holunni, og að þrýstiástandi sprungunnar sé þá stjórnað af kalda vatninu í suðri. Sem fyrr var greint er hugsanlegt að þetta sprungukerfi teygji sig upp á milli Laugarness og Elliðaáa og endi eða mæti heitu vatni úr norðri undir Geldinganesi. Er þá hugsanlegt að Geldinganes-hitinn líkist hvað helst Elliðaársvæðinu og Suður-Reykjum að innri gerð.



Mynd 15. Hitapversnið CC', frá Gardabæ til Korpuósa.

#### 5.4. Hitapversnið, lína 1 í Mosfellsbæ

Mynd 16 sýnir að lokum hitasnið eftir línu 1 ofan úr Mosfellsbæ og er það endurteiknað hér óbreytt (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995). Með því er minnt á hvernig hiti lághitasvæðanna á höfuðborgarsvæðinu virðist oft ráðast af blöndun kaltra og heitra strauma. Þannig er hiti á Suður-Reykjum sláandi líkur að formi til því sem sést á sniði CC' neðan Elliðaársvæðis. Það ætti ekki að koma á óvart þar sem syðstu holur í báðum svæðum hafa kólnað í dælingu.



Mynd 16. Hitapversnið línu 1 í Mosfellsbæ, milli Svilaklappar og Hafravatns.

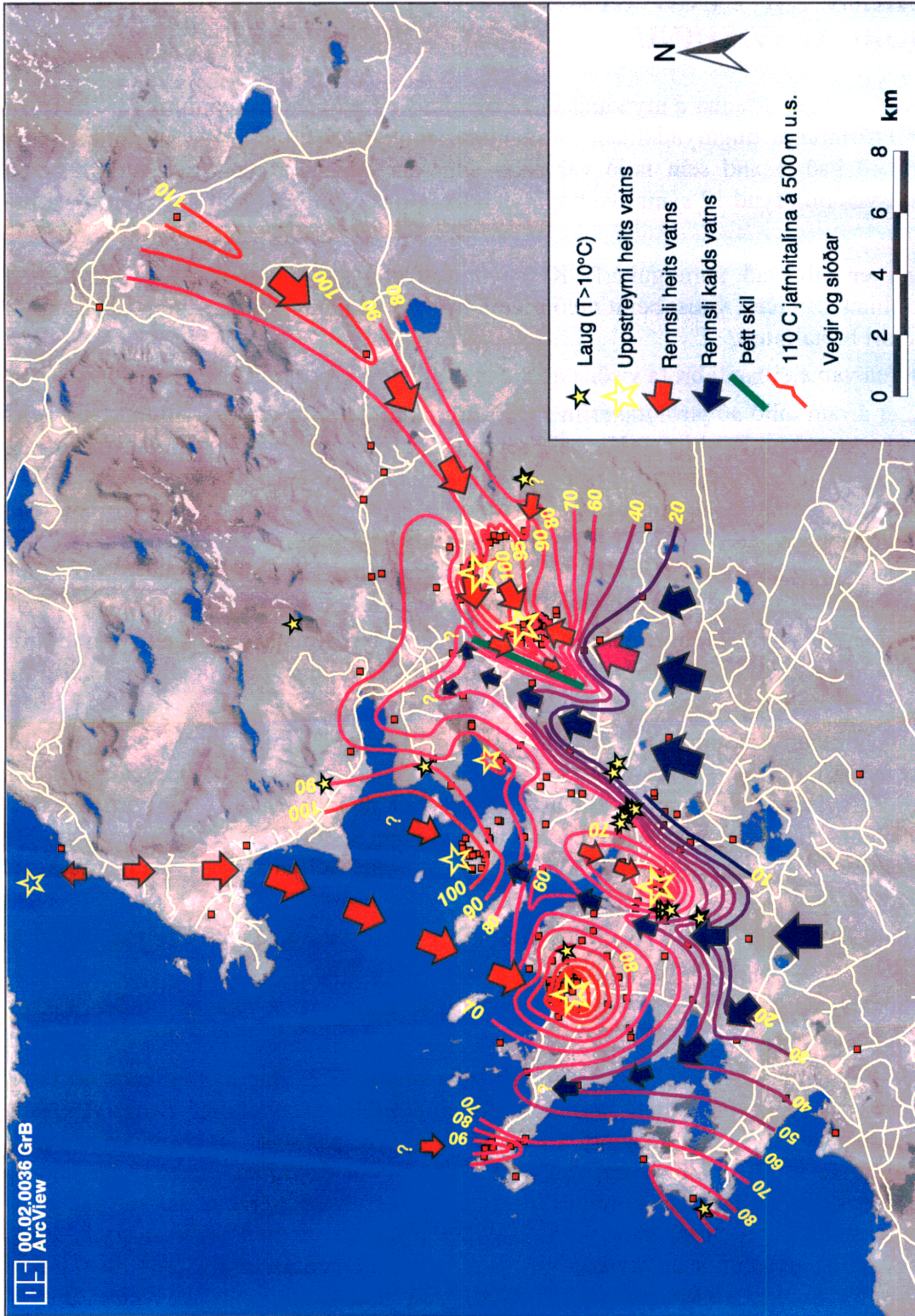


## 6. LÍKAN AÐ INNRI GERÐ JARÐHITAKERFANNA Á HÖFUÐBORGARSVÆÐINU

Skoðun berghitakortanna á myndum 9–12 og hitaþversniðanna á myndum 13–16, leiðir af sér eftirfarandi hugmyndalíkan af lágghitasvæðunum á höfuðborgarsvæðinu. Er þá miðað við það ástand sem talið var ríkja áður en mannanna verk settu mark sitt á jarðhitasvæðin. Mynd 17 sýnir svo hugmyndalíkanið í formi örva heitra og kaldra vatnsstrauma.

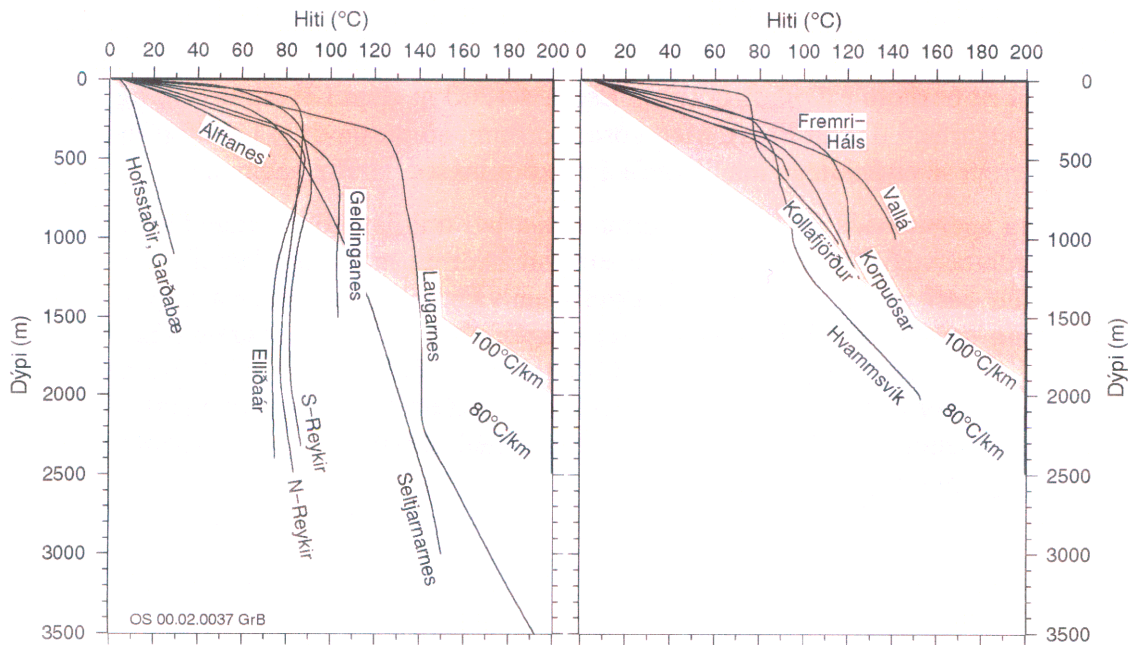
- Enn er talið að sprungukerfi Krýsuvíkureldstöðvarinnar ráði vatnsstraumum í jarðhitakerfunum, ýmist beint með nýjum brotum eða með endurteknum hreyfingum á eldri brotalínum.
- Stefna vatnsleiðandi brota virðist að mestu liggja milli norðurs og norðausturs.
- Þá er áfram talið að jarðhitakerfin sækir sér einkum vatn úr tveimur áttum. Úr norðri þykir sannað að Reykjiasvæðin sækir sér 110–120°C heitt vatn um norðaustlæga rás, líklega ofan úr Kjósarskarði. Eins er talið að Laugarneskerfið sækir sér 130–140°C heitt vatn ofan af Kjalarnesi. Er þá mið tekið af háum hita beggja vegna Kollafjarðar og sökum þess að þrýstingur og hiti hafa fallið í sprungum sem Hvalfjarðargöngin skáru. Í suðri er svo mikið af köldu vatni a.m.k. niður á 1 km dýpi ef marka má hita í nýrri holu í Garðabæ. Sækir það inn í jarðhitasvæðin.
- Þessi heitu og köldu vatnskerfi virðast stundum renna gagnstætt um sömu sprungurnar, a.m.k. í Elliðaárdal og á Suður-Reykjum. Laugar finnast þá yfir blandsvæðunum.
- Vísbendingar eru um að kaldari sprungukerfi liggi á milli jarðhitasvæðanna á Seltjarnarnesi og í Laugarnesi, annars vegar, og milli Laugarness og Elliðaársvæðisins hins vegar. Bætast þau þá við kalt sprungukerfi sem virðist koma að sunnan frá Elliðavatni og nær norður í gegnum Úlfarsfell. Þessi mynd kann að raskast ef dýpra er borað í “köldu” tungurnar milli Seltjarnarness, Laugarness og Elliðaáa.
- Minni hitasvæði finnast í Geldinganesi og við Korpuósa. Þá er talið að hitinn á Álftanesi hrærist í lóðréttu sprungukerfi með NA stefnu.
- Elliðaársvæðið sækir sér vatn um 110–120°C heita rót, á ská að norðan undan Gufunesi.

Mælingar á tvívetni styrkja þá meginniðurstöðu ofangreinds hugmyndalíkans að tveir ólíkir vatnsstraumar fæði sum jarðhitakerfin á höfuðborgarsvæðinu (Bragi Árnason 1976). Sérstaklega er þetta áberandi á Reykjiasvæðunum þar sem tvívetnisstyrkur vatns frá Norður-Reykjum er mun lægri en í vatni frá Suður-Reykjum. Er talið að vatn á Norður-Reykjum sé ættað úr norðaustur straumnum (tvívetnisstyrkur um -65%), en á Suður-Reykjum sé ríkjandi vatn úr Krýsuvíkursprungunum með tvívetnisstyrk um -62%. Á Elliðaársvæðinu er styrkur tvívetnis í jarðhitavatninu mjög breytilegt innan ofangreindra marka. Hefur það verið túlkað sem blanda af vatni úr tveim ólíkum vatnsstraumum, í samræmi við það sem hitadreifingin sýnir. Í Laugarnesi mælist tvívetnisstyrkur yfirleitt um -65%, sem bendir til þess að svæðið sé fyrst og fremst fætt úr norðaustri.



Mynd 17. Hugmyndalíkan að streymi heits og kalds vatns á höfuðborgarsvæðinu.

Mynd 18 sýnir svo í lokin hitaferla úr völdum, djúpum holum á höfuðborgarsvæðinu annars vegar, og allt í kringum Esju hins vegar. Er myndin forsenda fyrir hugmyndalíkani um það hvernig vatn hrærist lóðrétt innan einstakra svæða. Þá er sýnt með litaskyggjum svæði sem eru ýmist yfir, undir eða á milli 80 til 100°C/km hitastiguls. Með þessu er reynt að afmarka dýpi þar sem annað hvort á sér stað aðflutningur eða brottnám varma með hræringu. Eru ferlar sem liggja innan gula svæðisins dæmi um holur þar sem hitaástand ræðst eingöngu af varmaleiðni (engin hræring vatns). Það sem strax vekur athygli við skoðun myndarinnar er að holurnar á höfuðborgarsvæðinu, fjarri Esjunni, sýna allar djúphita sem er langt undir stigli. Má nefna að ef hiti holu HS-48 í Garðabæ er framlengdur niður á við, nálgast hann botnhita Reykjasvæðanna og Elliðaáa. Þá virðist einnig af myndinni að lóðrétt hræring vatns nái niður á a.m.k. 2,5 km dýpi á Seltjarnarnesi, í Laugarnesi, við Elliðaár og uppi á Reykjum. Þarna er þá spennuástand í jarðskorpunni sem viðheldur sprungulekt svo djúpt.



**Mynd 18.** Hiti í borholum fjarri (vinstri hlið) og nærri Esju (hægri hlið). Hitaferlar sem lenda innan bláu þríhyrnanna eru dæmi um svæði þar sem brottnám varma á sér stað með hræringu kaldara vatns. Rauðu þríhyrnurnar eru aftur á móti svæði sem varmi hrærist til. Innan hvítu þríhyrnunnar er hins vegar talinn ríkja eðlilegur stigulshiti.

Hin djúpa, lóðrétt hræring vatns sem sést svo afgerandi í holum fjarri Esjunni, virðist svo á undanhaldi þegar kemur að fjallinu. Þannig sýna eingöngu berghitaferlar í holunum á Fremri-Hálsi og við Vallá afgerandi merki um lóðrétt hræringu vatns. Holur þessar eiga það sammerkt að tengjast hinum öflugum jarðhitakerfum í Laugarnesi og á Reykjum. Aðrar holur eru hins vegar mun líkari því að fylgja stigulshita en hræringarhita. Þó eru grunnstað hræringarkerfi í holunni við Mógilsá í Kollafirði, og í Hvammsvík og enda þau í 500 m og 1200 m dýpi. Hugsanlegt er að spennuástand í skorpunni sé orðið óhagstætt lóðréttri sprungulekt á þessum svæðum. Þar með helgast



hitadreifing fremur af stigli og mjög hægum hitabreytingum. Það hefur orðið til þess í tímans rás að berghleifurinn undir Esjunni er mikið heitari en innan hinna knasmölvuðu og afkastamiklu lághitakerfa á höfuðborgarsvæðinu. Þar með verður hitastigull almennt hár nærri Esjunni og upp í Hvalfjörð, ef til vill mun hærri en sá 80–100°C/km stigull sem sýndur er á myndinni.

Ofangreind umræða um spennástand skorpu og jarðlagalekt er sjaldgæf í íslenskri jarðhitafræði en áreiðanlega þörf og til framfara í heitavatnsnýtingunni. Margt í borunum á íslenskum háhitasvæðum bendir nefnilega til þess að innan þeirra þurfi tiltölulega lítil átök til að fleyga sprungur út úr holum. Jafnvel aðeins að hola standi full af köldu vatni. Má vera að minnsta, lárétta spenna í íslensku gosbeltunum sé svo lág að hún fylgi einfaldlega hydróstatískum þrýstingi. Skapar það hagstæð skilyrði fyrir djúpstæðri hræringu vatns og gerir jarðhitakerfin svö öflug sem víða er raunin. Hugsanlega er þessi lága, lárétta spenna til staðar í jarðhitakerfunum á höfuðborgarsvæðinu, en ekki undir Esjunni. Þar gæti eingöngu verið um að kenna farginu sem Esjan bætir við lóðréttu bergspennuna. Það leiðist þá út í lárétta spennuna. Lokast þá sprunga sem helst opin undir Reykjavík. Má hér vísa til hallabrotsins sem fram kemur á 600 m dýpi í hitaferli borholu í Kollafirði (næst Esju), á 1200 m dýpi í Hvammsvík og á 2300 m dýpi í Laugarnesi (fjærst Esju). Með öðrum orðum, að mesta dýpi lóðréttar hræringar vatns í sprungu sé einfaldlega mælikvarði á stærð minnstu, lárétta spennu.

Kortlagning spennusviðs í íslenskri skorpu sýnist því mikilsverður þáttur í skilningi og nýtingu jarðhitasvæða hérlendis. Ekki er einsýnt hvernig má koma henni á, en öruggt að töluverðu þarf að kosta til. Fyrsta skrefið er væntanlega að byggja upp sérfræðibekkingu og samhæfa þeirri vitneskju sem skjálftahópurinn á Veðurstofunni býr nú þegar yfir. Annað er að mynda sprungur í borholum og fá þannig fram stefnu þeirra og halla. Þetta er spurning um 10 til 15 milljón króna fjárfestingu í borholumælum. Í þriðja lagi eru svo beinar mælingar á spennusviðinu með sérstökum pökkunarprófunum í borholum, nýjum eða gömlum.

## 7. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

Helstu niðurstöður þessarar skýrslu um berghita á höfuðborgarsvæðinu eru eftirtaldar:

- 1 Lokið er mati á berghita allra holna á höfuðborgarsvæðinu sem hafa verið staðsettar í viðurkenndu hnitakerfi og hitamældar nægilega oft. Er holufjöldinn í gagnasafninu þannig kominn vel yfir 300. Telst þar með lokið úrvinnslu sem hófst með túlkun hitamælinga í Mosfellssveit árið 1992 og í Elliðaárdal árið 1995.
- 2 Þær tæpu 150 holur sem hafa bæst við úrvinnsluna eftir árið 1995 eru rúmir 100 km að lengd, þær hafa verið mældar hátt í 900 sinnum og spanna mælingarnar kringum 600 km í holumetrum. Gagnamagnið að baki úrvinnslunnar er með því allra mesta sem þekktist í nútíma jarðhitarannsóknum.
- 3 Á grunni berghitaferla í viðbótarholunum hafa kort sem sýna hita á 200 m, 500 m og 1000 m undir sjávarmáli verið uppfærð. Spanna þau nú svæði sem afmarkast af Seltjarnarnesi og Álftanesi í vestri, suðurhlíðum Esju í norðri, vestanverðri Mosfellsheiði í austri og Heiðmörk og Garðabæ í suðri. Flatarmál þessa svæðis er um 500 km<sup>2</sup> og rúmmál nálgast 1000 km<sup>3</sup>.
- 4 Hár hiti á 200 m dýpi fylgir jarðhitakerfum á Álftanesi, Seltjarnarnesi, Laugarnesi, Elliðaárdal, Geldinganesi, við Korpuósa og á Reykjum. Hitinn er áberandi hæstur og útbreiddastur í Laugarnesi og á Reykjum. Er hvort tveggja í samræmi við sjálfrennsli í laugum og afl svæðanna.
- 5 Þá koma fram "kaldari" tungur milli margra jarðhitasvæðanna, einnig með norðlæga stefnu. Er ýmislegt sem bendir til þess að sprungukerfi eldstöðvarinnar í Krýsuvík stjórni lóðréttri lekt á höfuðborgarsvæðinu, og að slíkar sprungur geti verið heitar og kaldar á víxl, séð milli vesturs og austurs. Hér verður þó að gera fyrirvara um hitann í köldu tungunum sökum þess að djúpar holur vantar í þær.
- 6 Áberandi er hvernig hitafar í Elliðaárdal og á Suður-Reykjum stýrist af blöndun heits vatns runnu úr norðri og kalds vatns úr suðri. Laugar virðast koma fram beint yfir slíkum blandsvæðum.
- 7 Eins er mjög lágur berghiti ráðandi þáttur í hitadreifingu á 200-1000 m dýpi, undir Garðabæ og Heiðmörk og áfram til norðurs í átt að Úlfarsfelli og Suður-Reykjum. Mjög líklegt er að þessi köldu skil sæki til norðurs með tímanum af náttúrunnar völdum einum saman. Ella þarf þess kraftmeiri hitastraum úr norðri til að mæta því varmatapi sem óhjákvæmilega verður um slík hitaskil í bergi.
- 8 Nokkrar tilgátur eru settar fram um eðli varma og massastrauma í jarðhitakerfunum á höfuðborgarsvæðinu. Þannig er talið líklegt að Laugarnessvæðið eigi sér heitt aðrennsli úr norðri og að sú tenging skýri hví nú mælist lágt vatnsborð, kæling og selta í jarðhitasprungum sem Hvalfjarðargöngin skáru. Eins er margt sem bendir til þess að jarðhitinn á Álftanesi sé bundinn við aflanga og lóðrétta, 2-4 km langa sprungu milli SV og NA. Þá má ímynda sér að jarðhitinn í Geldinganesi komi upp á blandsvæði heitra og kaldra strauma úr norðri og suðri, líkt og nú gerist í Elliðaárdal og á Suður-Reykjum.

- 9 Áberandi er hve hiti er miklu hærrí í Laugarnesi en annars staðar í hrærandi jarðhitakerfum á höfuðborgarsvæðinu. Er mögulegt að Laugarnessvæðið eigi sér vel yfir 170°C heita rót, annað hvort um djúpstæða hræringu í lóðréttri sprungu, eða með þetta heitu aðstreymi úr norðri.
- 10 Þá er einsýnt að hiti djúpt í jarðhitakerfunum í Elliðaárdal og á Reykjum er langt undir eðlilegum stigli og fremur nærri framlengdum hita í kaldri HS-holu í Garðabæ. Þetta er talið sýna að kaldara og eðlisþyngra vatn úr suðri sæki inn undir heita strauminn að norðan, blandist og rísi síðan til yfirborðs í laugum.
- 11 Nokkur ráðgáta er hve gjöfular holur eru á Seltjarnarnesi. Er þá vísað til að hiti vex þar eftir tiiltölulega háum stigli, ólíkt því sem menn eiga að venjast á svæðum þar sem hræring vatns er greið í lóðréttum sprungum. Hér er vísast að sérstakar aðstæður ríki í bergspennum. Er vonandi að takist að varpa ljósi á þær með tíð og tíma. Kann þá að skapast möguleiki á örvun æða djúpt í Laugarnesi og virkja þannig vatn sem er yfir 170°C heitt.
- 12 Lág, lárétt minnsta spenna í bergi á höfuðborgarsvæðinu eru talin höfuðskýring þess hve jarðhitakerfin eru afkastamikil. Hún er talin vaxa til norðurs í átt að Esjunni og komi það fram sem miklu grunnstæðari hræringarsellur jarðhita en sunnar. Ríkjandi spennuástand í jarðskorpunni hefur orðið til þess, í tímans rás, að lítt sprunginn berghleifurinn undir Esjunni er nú mikið heitari en gerist innan hinna sprunguríku og afkastamiklu lághitakerfa á höfuðborgarsvæðinu.

Í lokin vilja höfundar fúslega viðurkenna að framangreind úrvinnsla hitamælinga og framlagning hugmyndalíkans að rennsli heits og kalds vatns sækir mjög lítið til annarra greina jarðvísindanna eins og t.d. viðnámsmælinga, efnafræði eða jarðfræði. Frekari samtúlkun hefði teygt enn meira á tíma og fjárhagsramma þessa verk og tafið útkomu. Er næsta öruggt að slík samtenging upplýsinga mun líta dagsins ljós fyrr eða síðar.

Hvað varðar frekari úrvinnslu sjálfra borholugagnanna, þá má minna á að vatnsborðsgögn eru tæpast notuð í skýrslunni utan að rökstyðja lektartengingu yfir mjög langar, láréttar vegalengdir. Öruggt má telja að slík gögn skorði enn frekar núverandi hugmyndalíkan, hvort sem það yrði gert með teiknun vatnsborðsgagnanna einna eða með frekari líkanreikningum.

Þá er einnig hægt að nýta hitakortin í skýrslunni til að skipuleggja frekari rannsóknarboranir á höfuðborgarsvæðinu. Þar má t.d. nefna að mjög fáar og grunnar holur afmarka útmörk Laugarnessvæðisins. Eins gæti útvíkkað leitarsvæði grunnra holna frá Geldinganesi, um Álfsnes, Þerney og suður að Korpuósum, fyllt í þá mynd sem nú er að skýrast af eðli jarðhitasprungunnar í Geldinganesi.

## 8. HEIMILDIR

Árni Hjartarson, Einar Gunnlaugsson, Freysteinn Sigurðsson, Jón Jónsson og Kristján Sæmundsson 1992: *Vatnafarskort, Elliðavatn 1613 III SV, 1:25.000*. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnarnesbær og Reykjavík.

Árni Hjartarson, Einar Gunnlaugsson, Freysteinn Sigurðsson, Jón Jónsson og Kristján Sæmundsson 1994: *Vatnafarskort, Viðey 1613 III NV, 1:25.000*. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnarnesbær og Reykjavík.

Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1993: *Vatnafarskort, Vífilsfell 1613 III SA, 1:25.000*. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnarnesbær og Reykjavík.

Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1997: *Vatnafarskort, Mosfell 1613 III NA, 1:25.000*. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Seltjarnarnesbær og Reykjavík.

Benedikt Steingrímsson, Einar Gunnlaugsson, Hilmar Sigvaldason, Ómar Bjarki Smárason og Jörg Peter Kück 1994: *Korpuósar, hola RV-42. Jarðlög, vatnsæðar og jarðhitavökvi*. Orkustofnun, OS-94015/JHD-04, 35 s.

Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 1995: *Hitalíkan af Reykjasvæðunum í Mosfellsbæ*. Orkustofnun, OS-95016/JHD-02, 110 s.

Grímur Björnsson, Guðni Axelsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Kristján Sæmundsson, Sverrir Þórhallsson og Vigdís Harðardóttir 1997: *Vinnsluprófun holu 1 á Hofsstöðum í Helgafellssveit*. Orkustofnun, OS-97042, 36 s.

Guðni Axelsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Ásgrímur Guðmundsson, Jens Tómasson, Jósef Hólmjárn og Sæþór L. Jónsson 1994: *Afkastaprófun holu SN-12 á Seltjarnarnesi. Frumniðurstöður*. Orkustofnun, OS-94046/JHD-26 B, 13 s.

Jens Tómasson, Helga Tulinius og Benedikt Steingrímsson 1994: *Höfuðborgarsvæði. Holur HS-23 til HS-35. Jarðfræði og jarðlagamælingar*. Orkustofnun, OS-94023/JHD-11 B, 68 s.

Kepinska, B. 1994: *The temperature distribution in the Seltjarnarnes field, SW-Iceland: The reservoir temperature in the Podhale field, S-Poland*. UNU Geothermal Training Programme, report 1994-7, 32 s.

Kristján Sæmundsson 1994: *Hitastigulsboranir á Seltjarnarnesi og staðsetning holu 12*. Orkustofnun, GRG KS/ÁG/HK-94/15.

Kristján Sæmundsson og Grímur Björnsson 1993: *Mat á lekahættu í fyrirhuguðum Hvalfjarðargöngum. Tillögur um rannsóknaraðferðir*. Orkustofnun, GRG KS/GrB-93/10.

Ómar Sigurðsson 1995: *Berghiti og hitabreytingar í Elliðaáarsvæðinu*. Orkustofnun, OS-95057/JHD-37 B, 50 s.

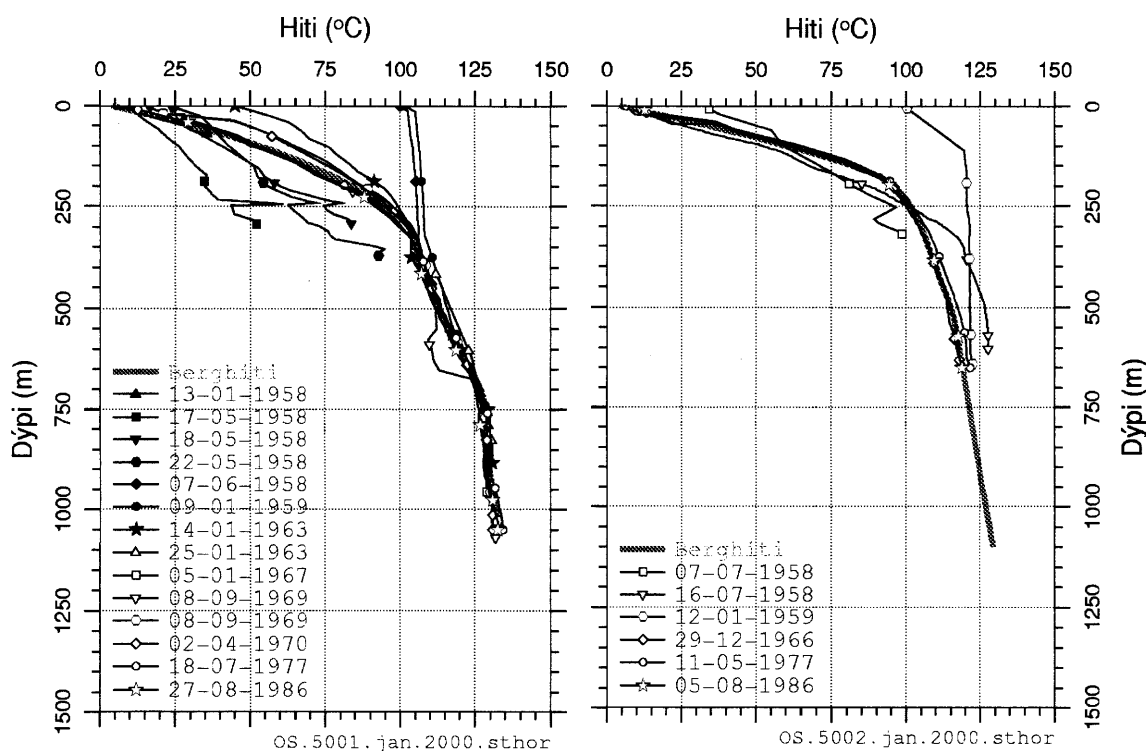
Smith, W. H. F. & P. Wessel 1990: Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*, 55, s. 293–305.

Wessel, P. & W. H. F. Smith 1991: Free software helps map and display data. *EOS Trans. Amer. Geophys. U.*, 72, s. 441, 445–446.

Þórólfur H. Hafstað 1999: *Höfuðborgarsvæði. Holur HS-52 til HS-64. Hitastigulsholur í Geldinganesi*. Orkustofnun, OS-99027, 29 s.

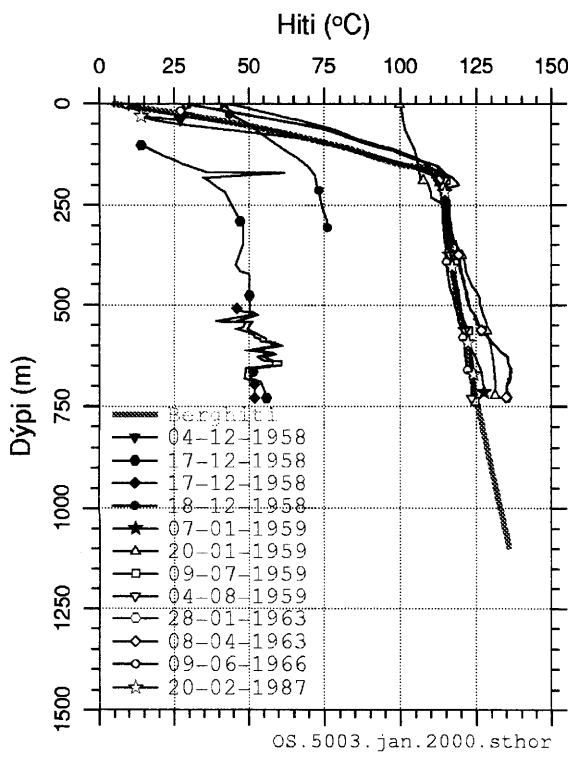
## VIÐAUKI 1. BERGHITAFERLAR Í R-HOLUM

Í þessum viðauka eru sýndar hitamælingar og berghitaferlar í þeim R-holum í Reykjavík þar sem berghitaferill hefur verið túlkaður. Alls eru 42 holur í þessari syrpu, og hafa berghitaferlar verið túlkaðar fyrir 39 þeirra.

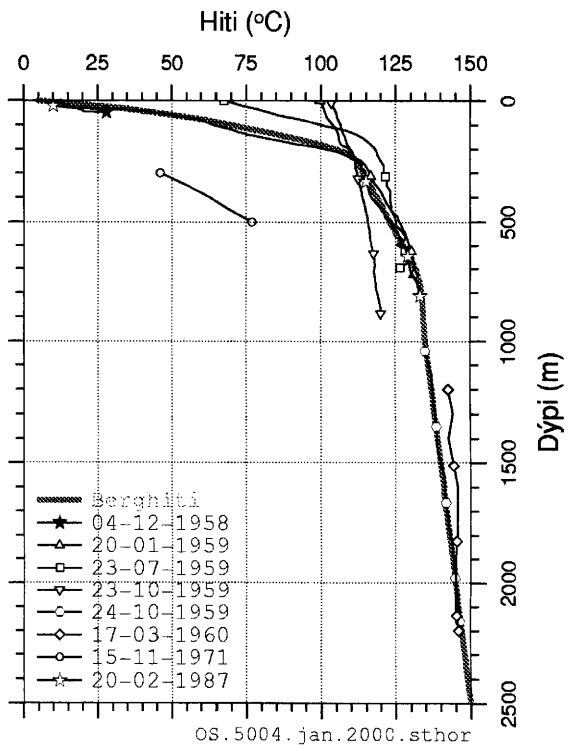


**Mynd 19.** Hitamælingar og berghitaferill í holu R-01 við Nóatún - Sigtún.

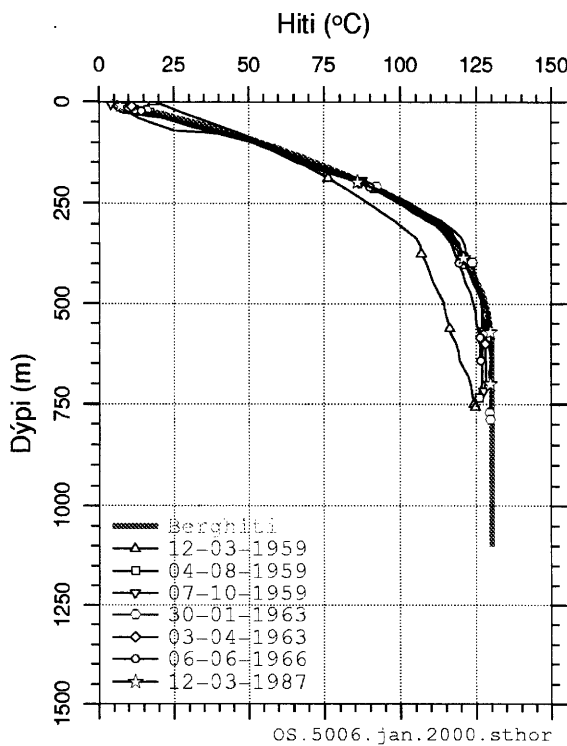
**Mynd 20.** Hitamælingar og berghitaferill í holu R-02 við Klambratún.



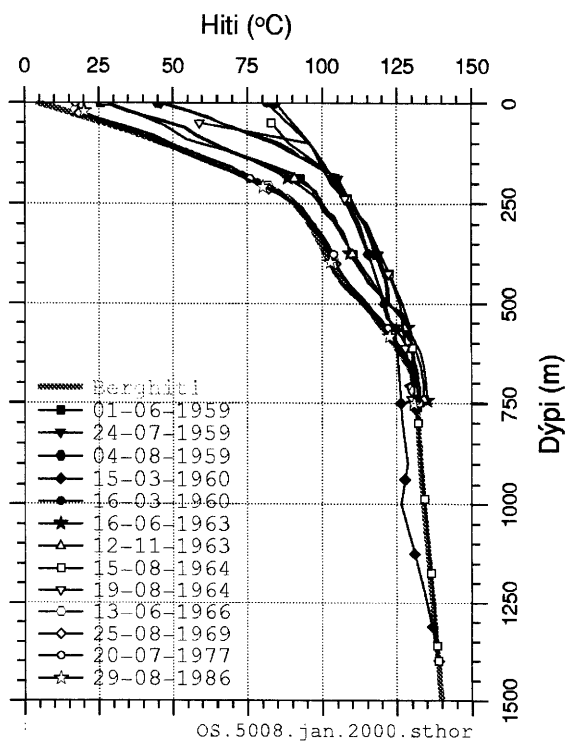
Mynd 21. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-03 við Brautarholt.



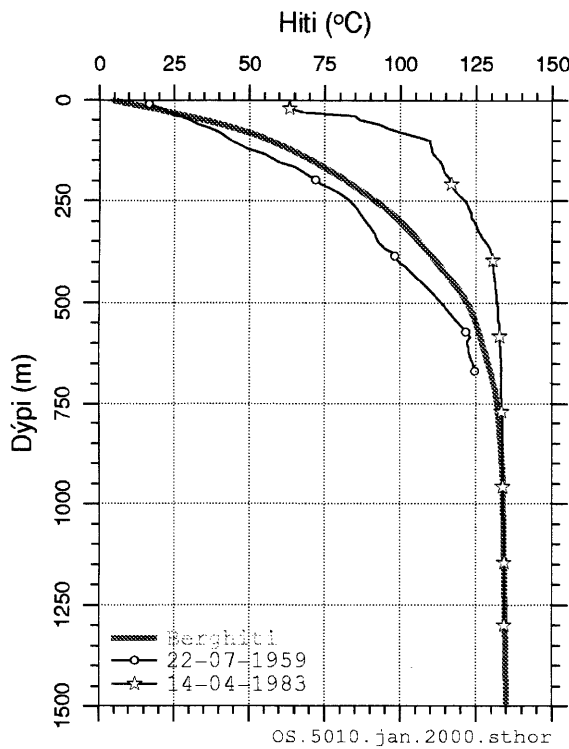
Mynd 22. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-04 við Hátún.



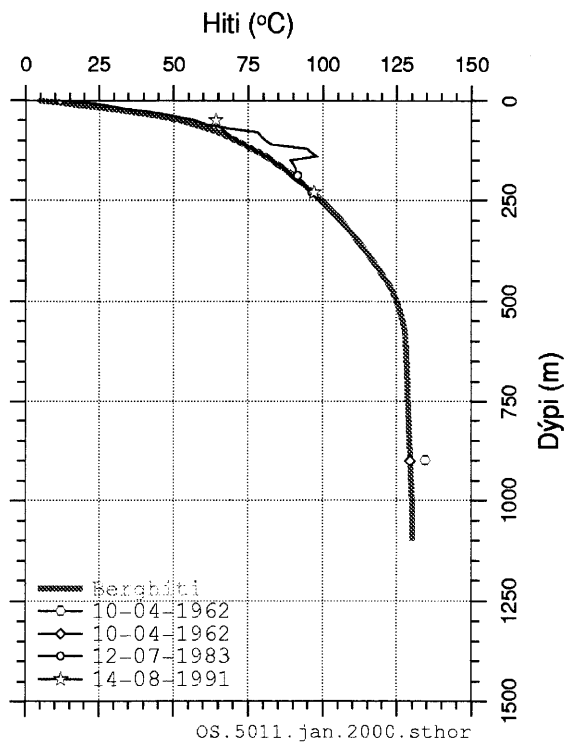
Mynd 23. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-06 við Klambartún.



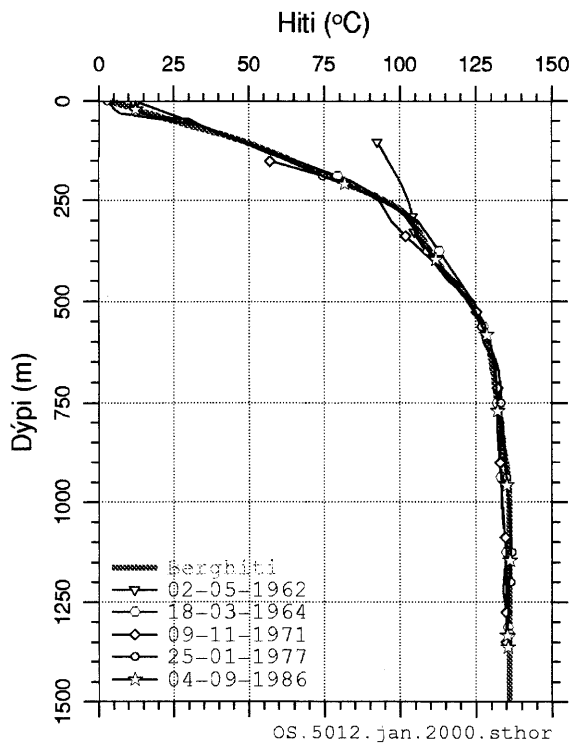
Mynd 24. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-08 við Sigtún.



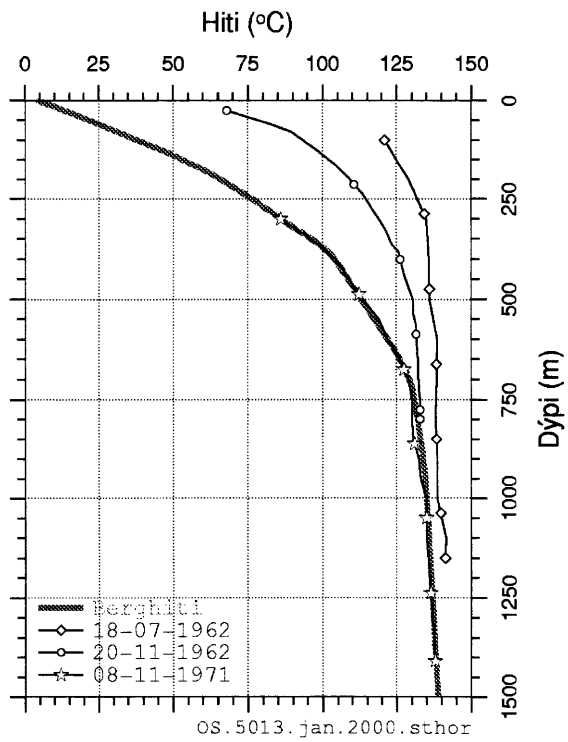
Mynd 25. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-10 við Undraland.



Mynd 26. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-11 við Suðurlandsbraut.

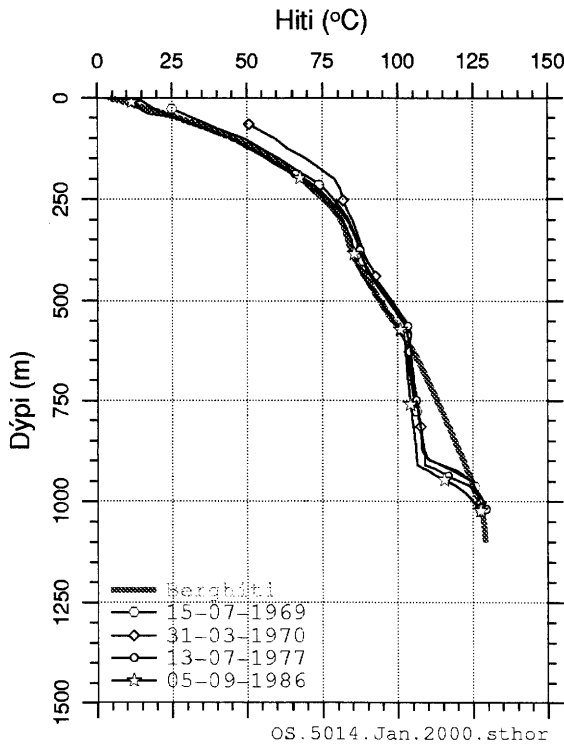


Mynd 27. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-12 við Laugarnesveg.

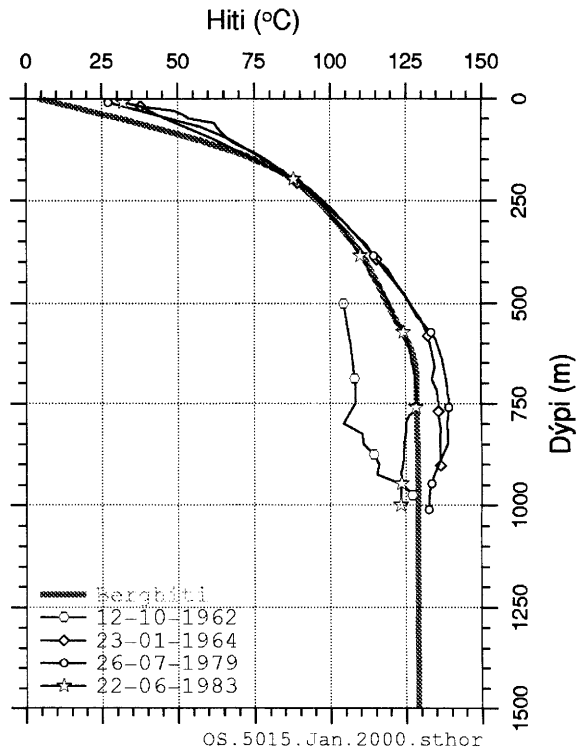


Mynd 28. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-13 við Laugarnesveg.

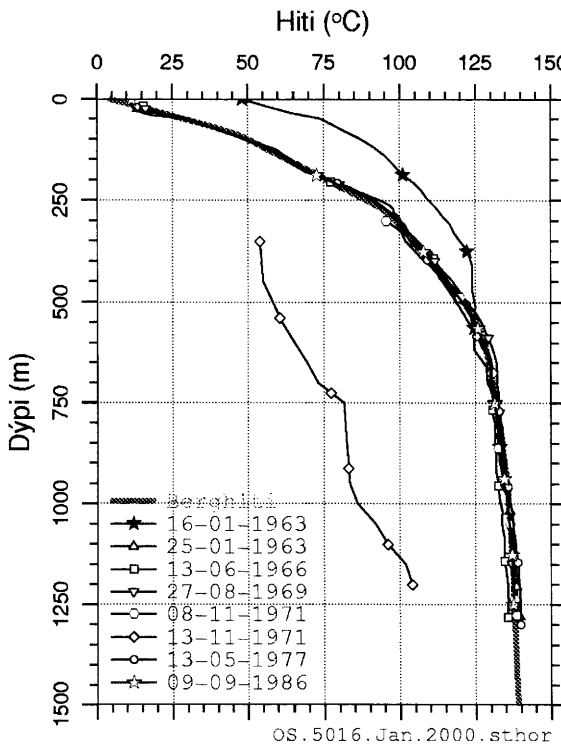




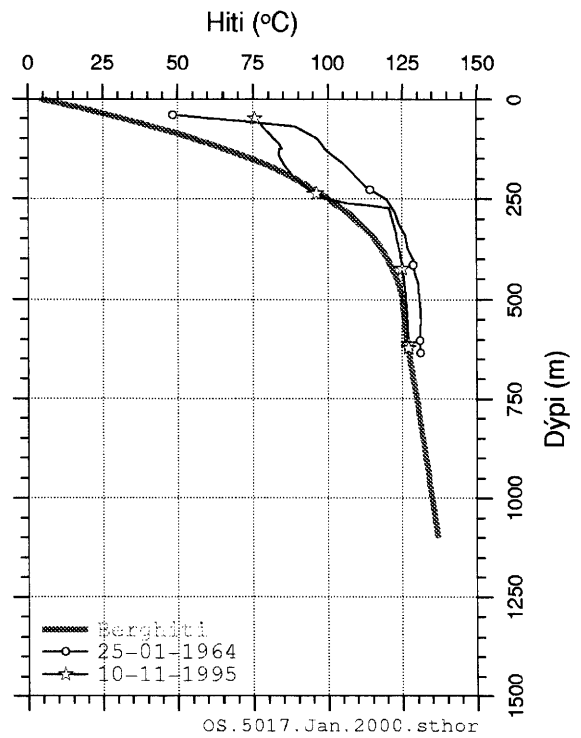
Mynd 29. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-14 við Fúlutjörn.



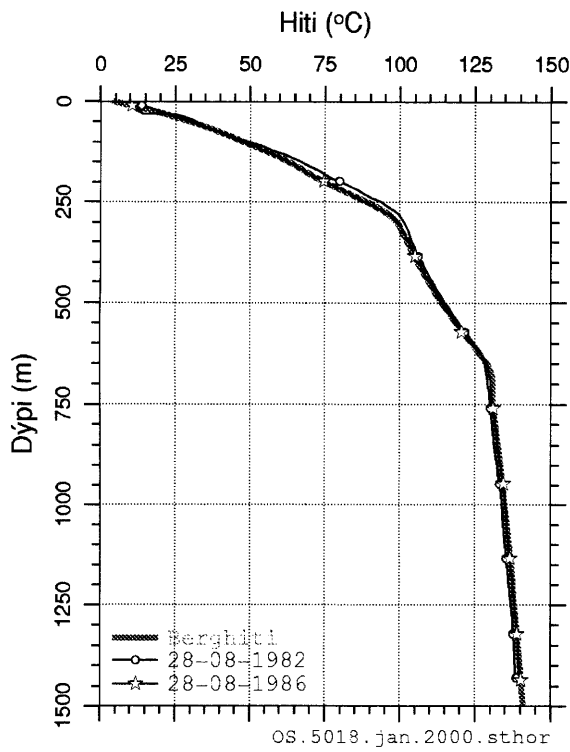
Mynd 30. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-15 við Seljadalsveg.



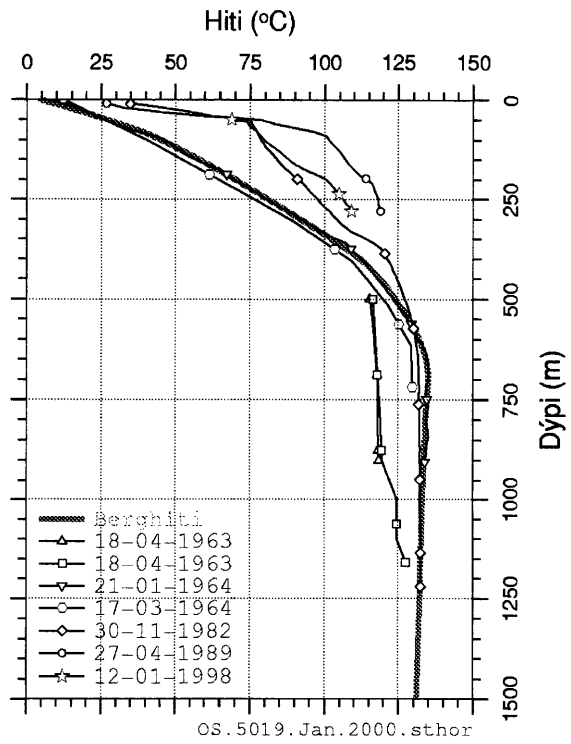
Mynd 31. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-16 við Hátún.



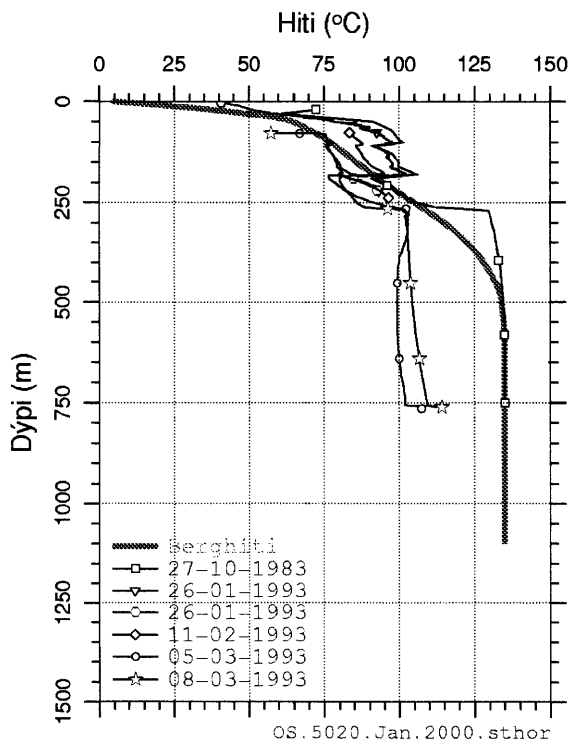
Mynd 32. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-17 við Undraland.



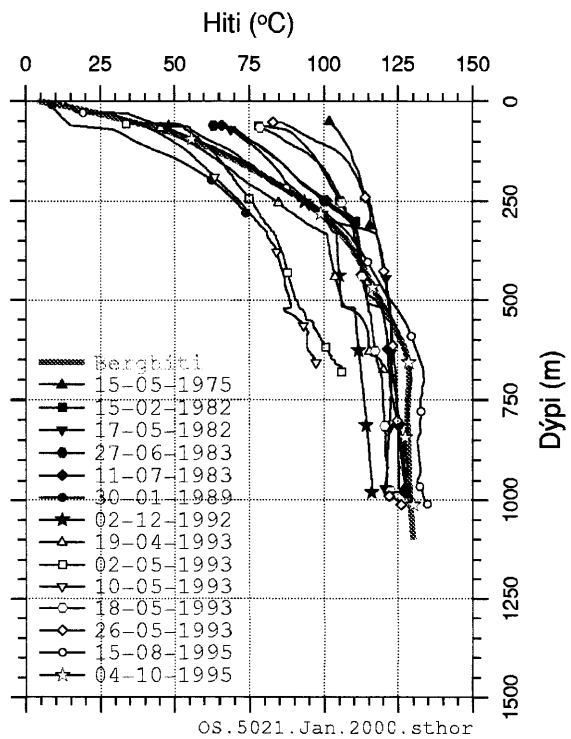
Mynd 33. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-18 við Sigtún.



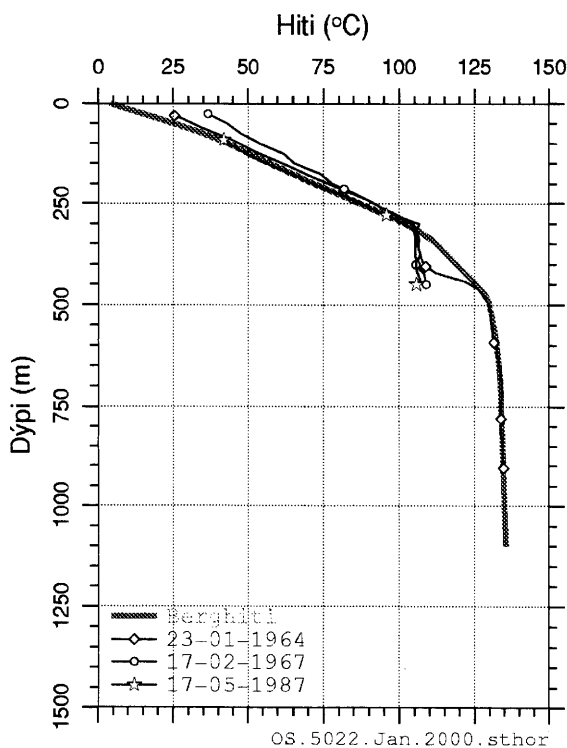
Mynd 34. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-19 við Seljadalsveg.



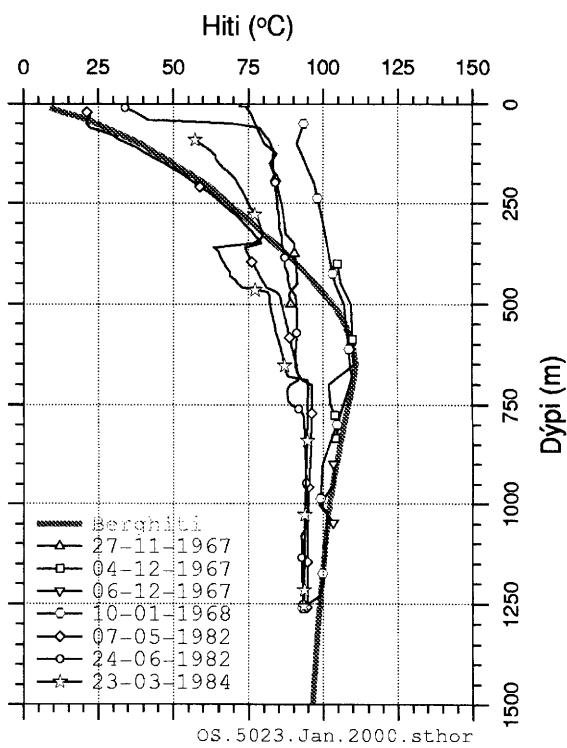
Mynd 35. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-20 við Kringlumýrarbraut.



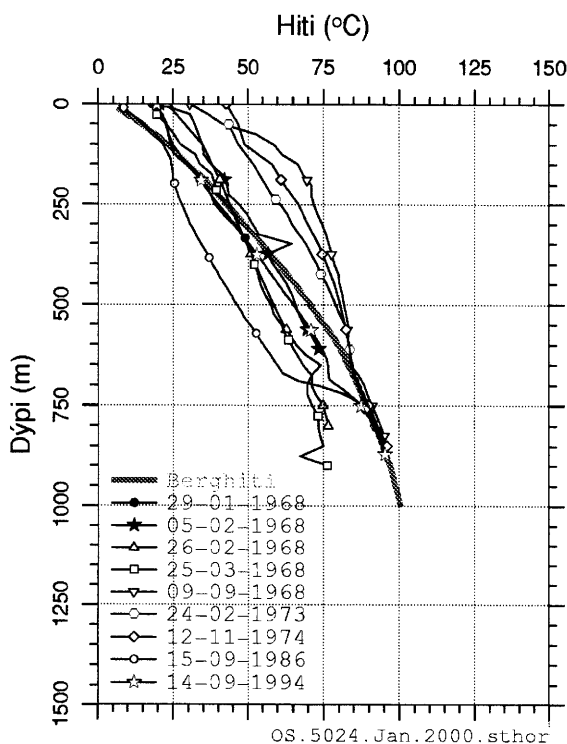
Mynd 36. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-21 við Laugaveg.



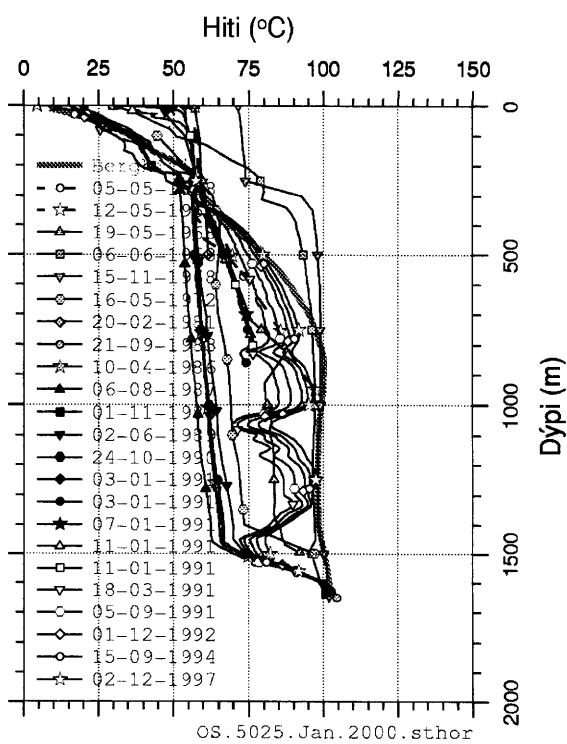
Mynd 37. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-22 við Kringlumýrarbraut.



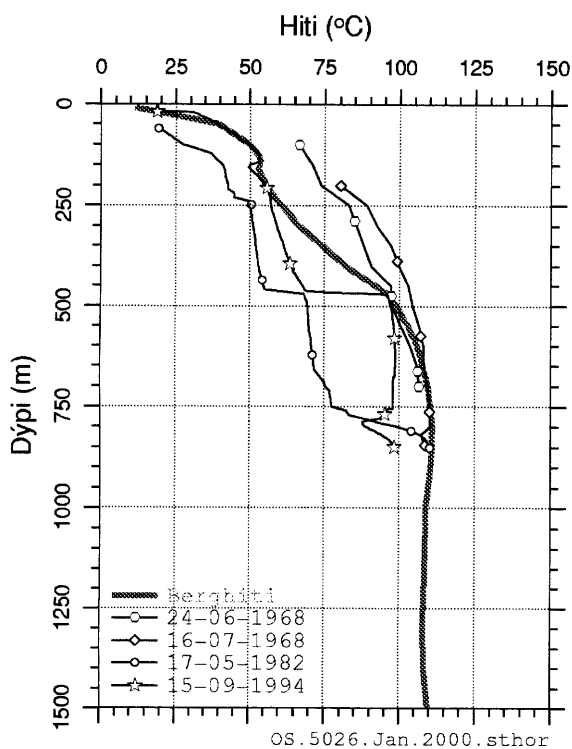
Mynd 38. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-23 í Blesugróf.



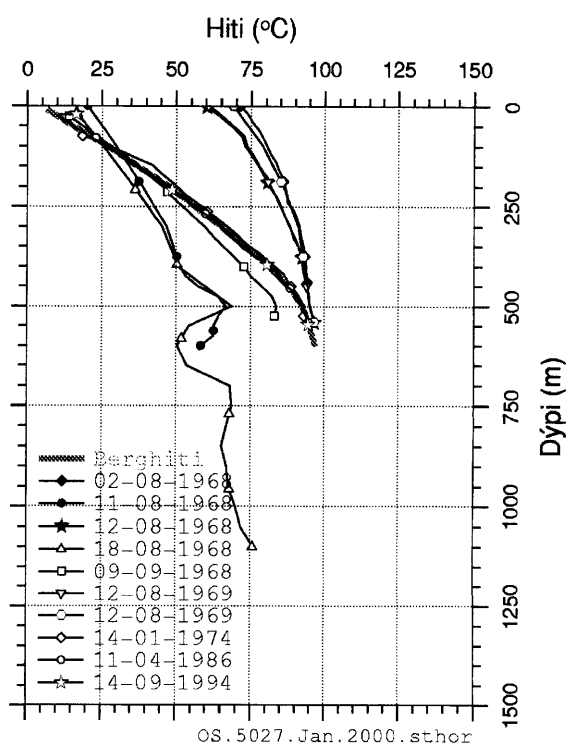
Mynd 39. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-24 í Elliðaárhólma..



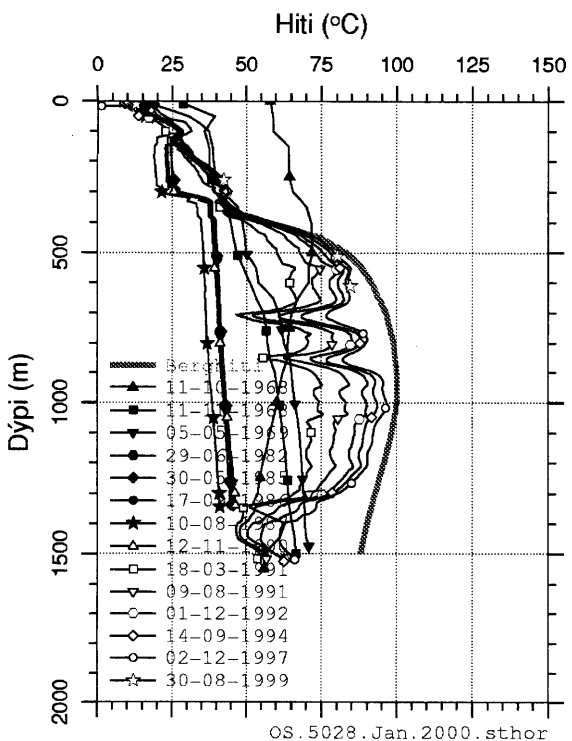
Mynd 40. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-25 í Blesugróf.



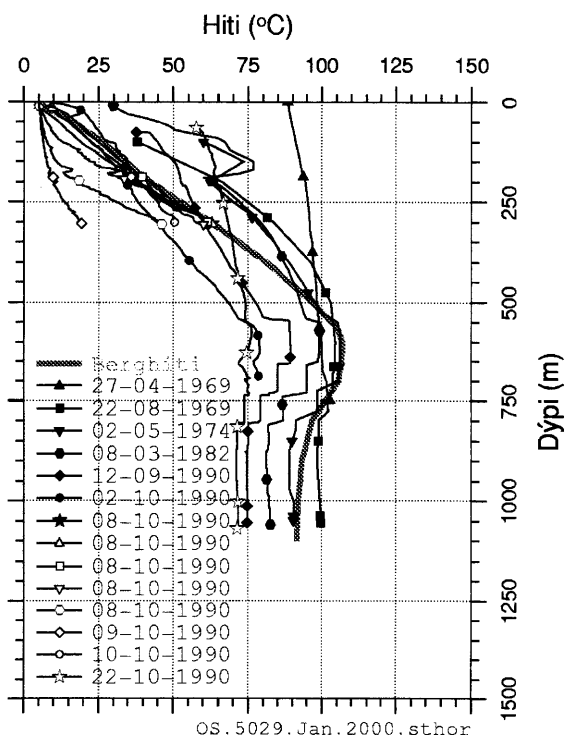
**Mynd 41.** Hitamælingar og berghitaferill í holu R-26 í Blesugróf.



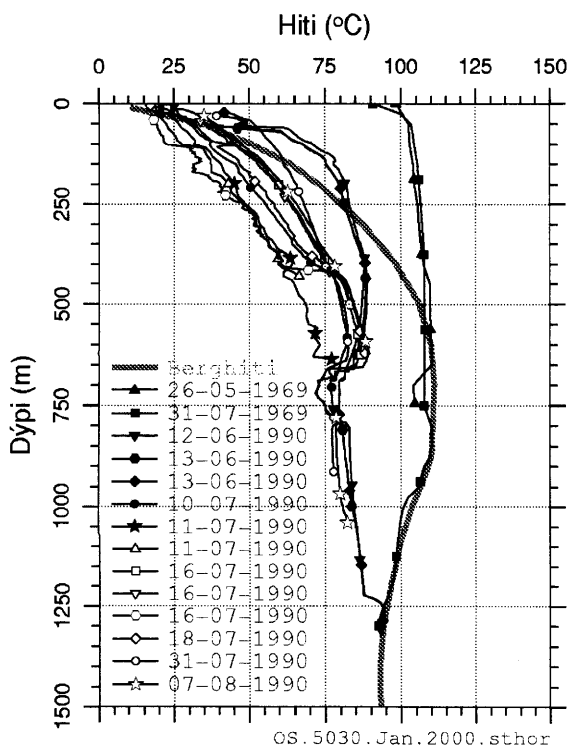
**Mynd 42.** Hitamælingar og berghitaferill í holu R-27 í Blesugróf.



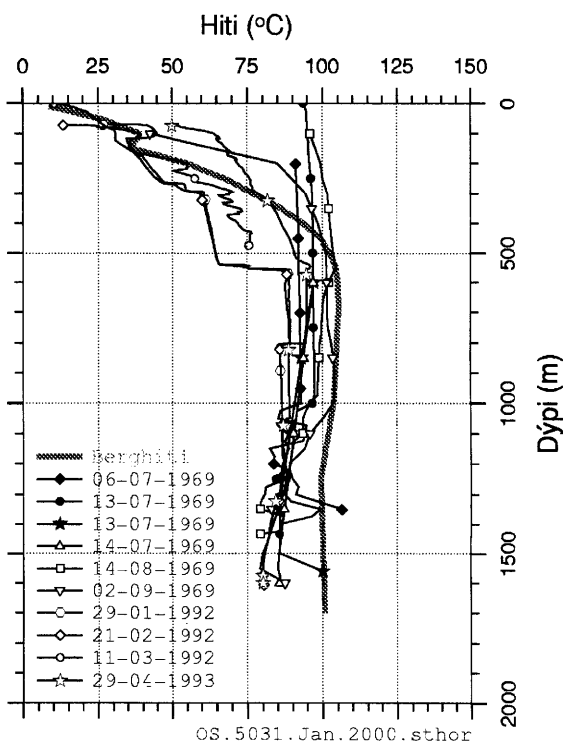
**Mynd 43.** Hitamælingar og berghitaferill í holu R-28 í Blesugróf.



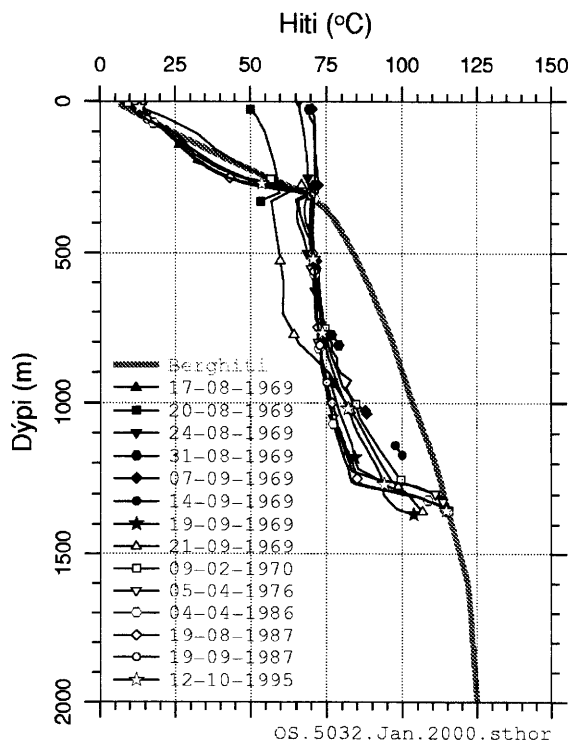
**Mynd 44.** Hitamælingar og berghitaferill í holu R-29 í Blesugróf, Hraunprýði.



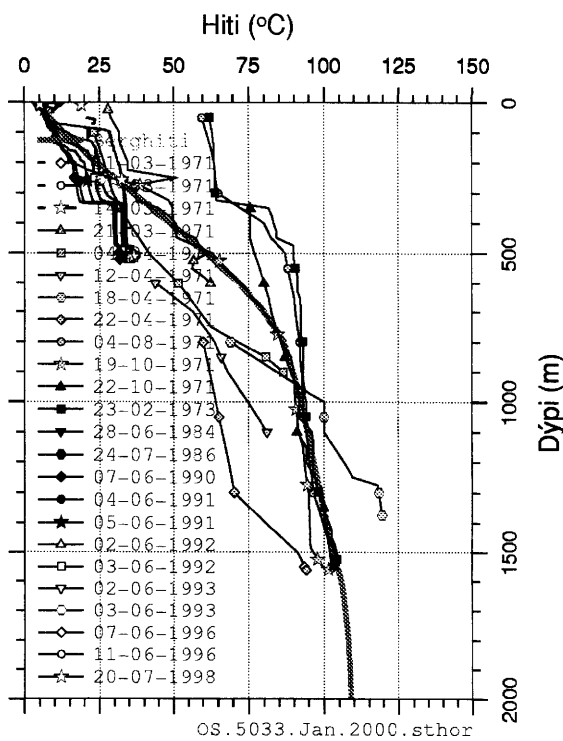
Mynd 45. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-30 í Blesugróf, Dalbæ.



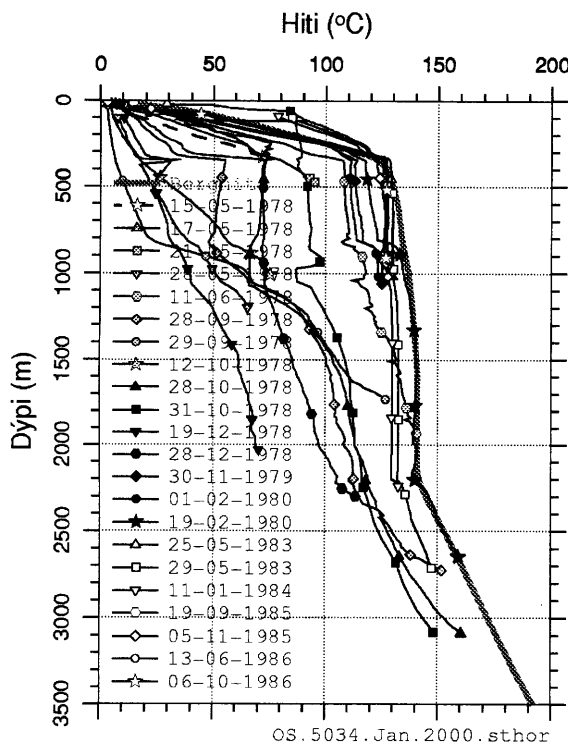
Mynd 46. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-31 við Stekkjarbakka.



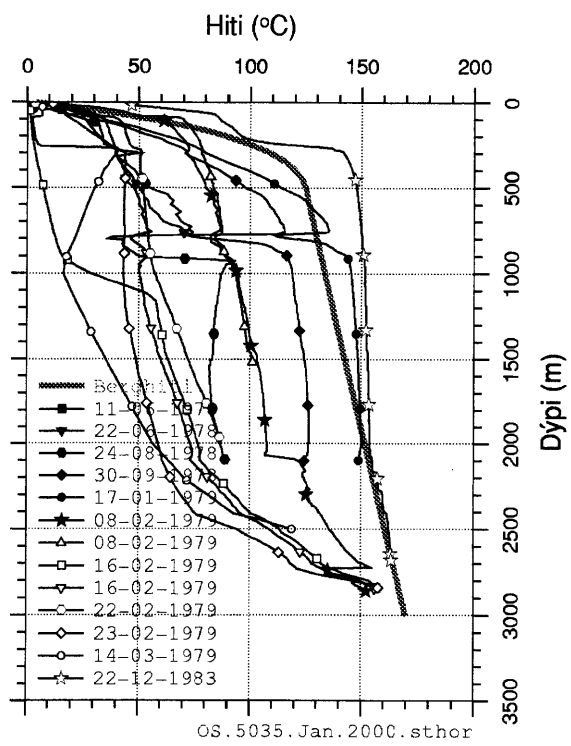
Mynd 47. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-32 við Dvergshöfða.



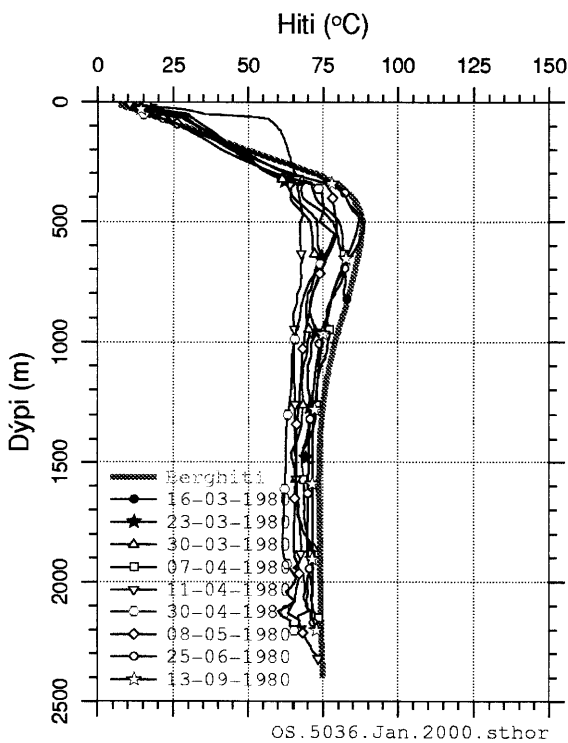
Mynd 48. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-33 í Smálöndum.



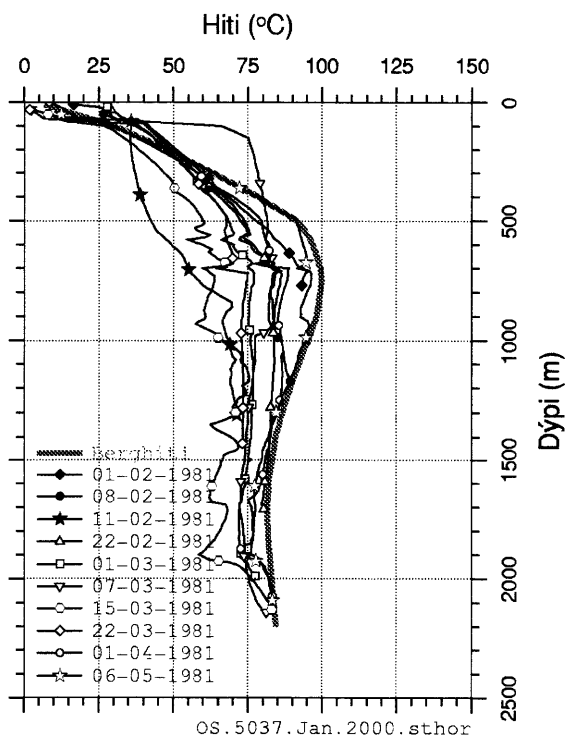
Mynd 49. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-34 við Skipholt.



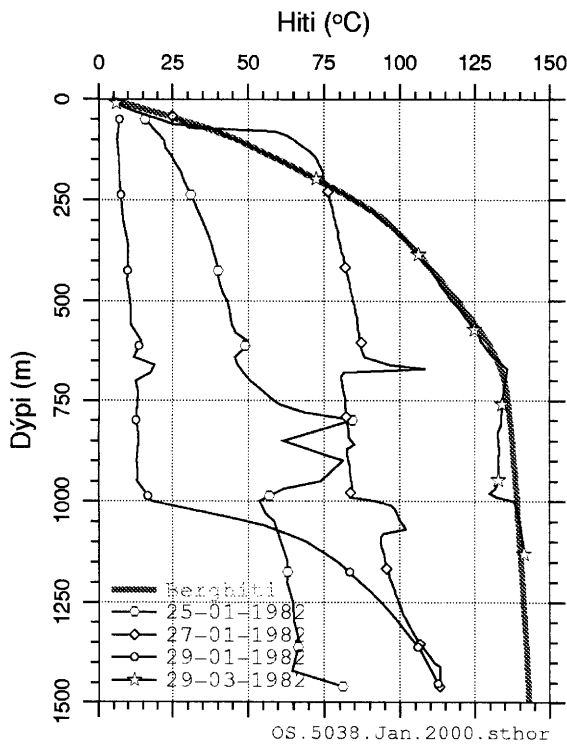
Mynd 50. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-35 við Undraland.



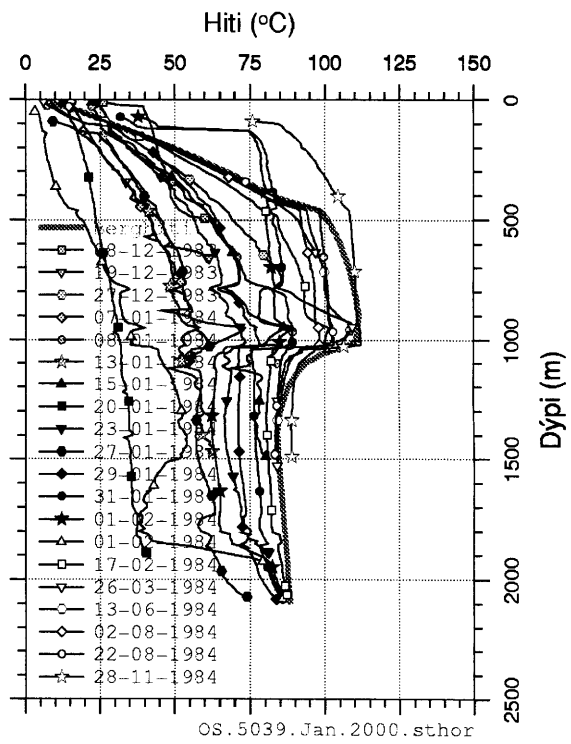
Mynd 51. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-36 í Blesugróf.



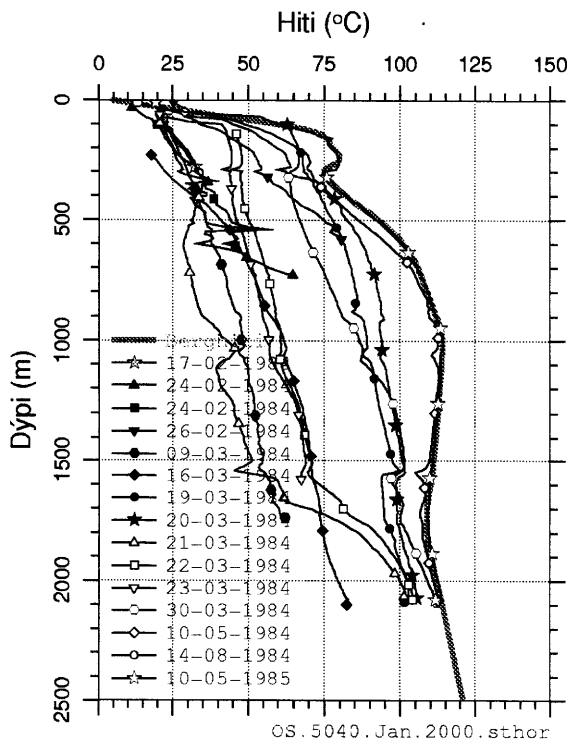
Mynd 52. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-37 við Kermóafoss.



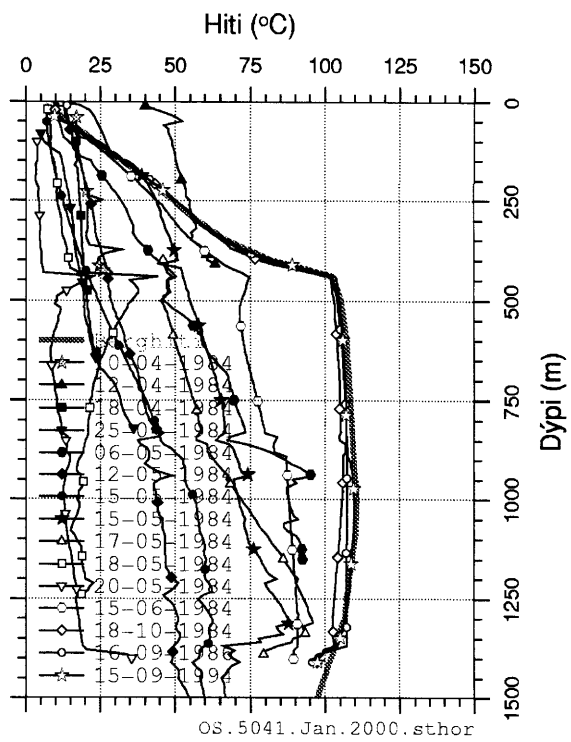
**Mynd 53.** Hitamælingar og berghitaferill í holu R-38 í Hátúni.



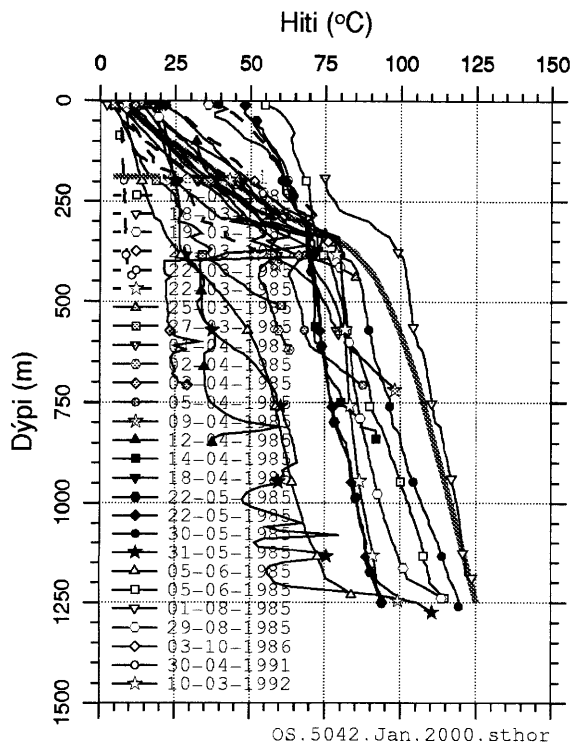
**Mynd 54.** Hitamælingar og berghitaferill í holu R-39 í Blesugróf, Vindheimum.



**Mynd 55.** Hitamælingar og berghitaferill í holu R-40 í Laugardal.



**Mynd 56.** Hitamælingar og berghitaferill í holu R-41 við Rafstöðvarveg.



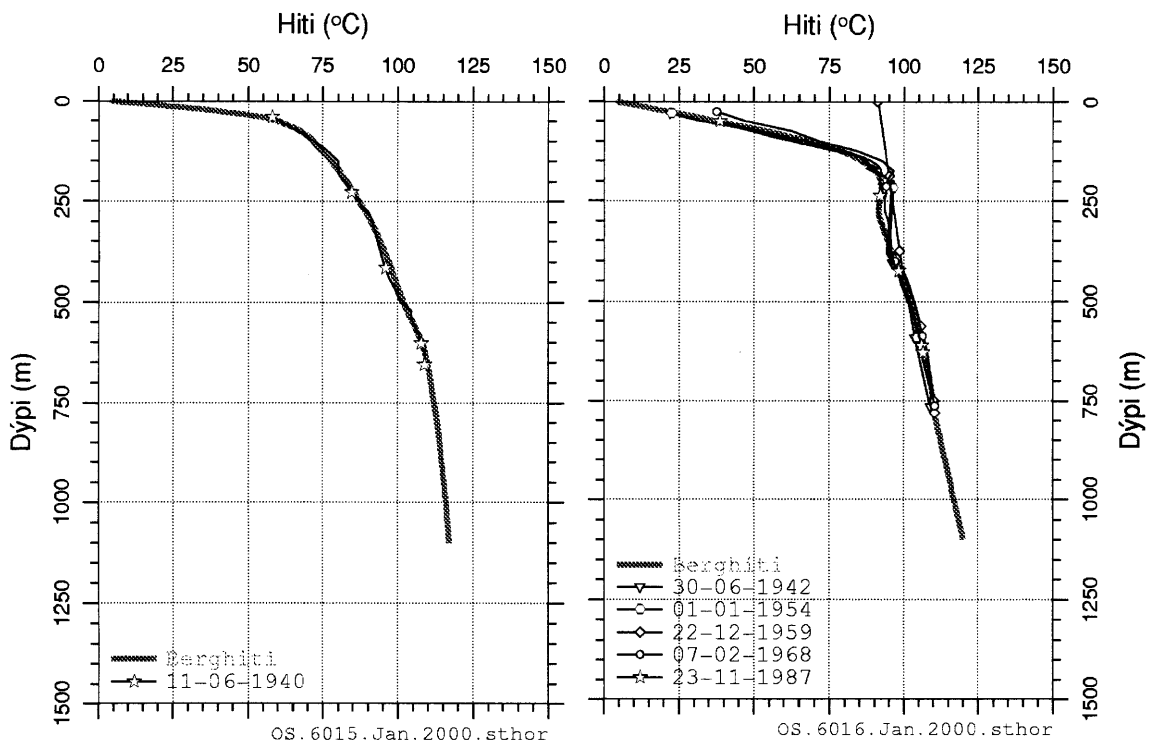
Mynd 57. Hitamælingar og berghitaferill í holu R-42 við Korpuós.





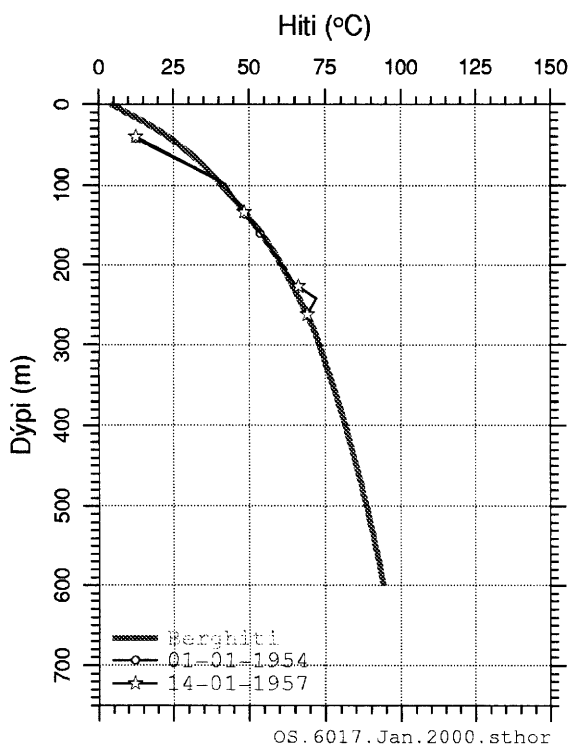
## VIÐAUKI 2. BERGHITAFERLAR Í H-HOLUM

Í þessum viðauka eru sýndar hitamælingar og berghitaferlar í þeim H-holum í Reykjavík þar sem berghitaferill hefur verið túlkaður. Alls eru 42 holur í þessari syrpu, og hafa berghitaferlar verið túlkaðir fyrir 25 þeirra.

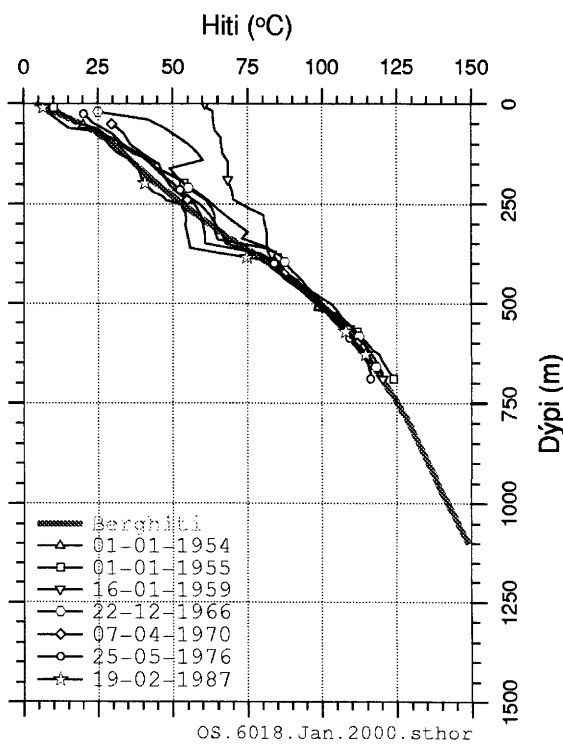


Mynd 58. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-15 í Laugardal.

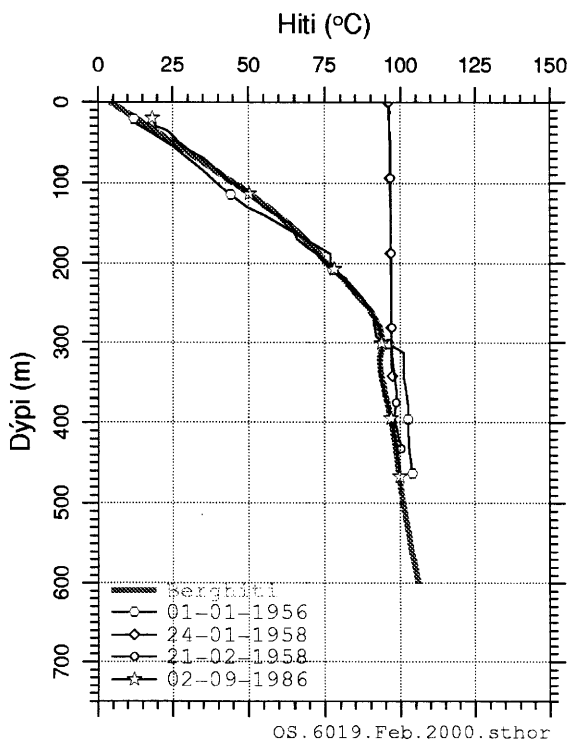
Mynd 59. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-16 við Rauðará.



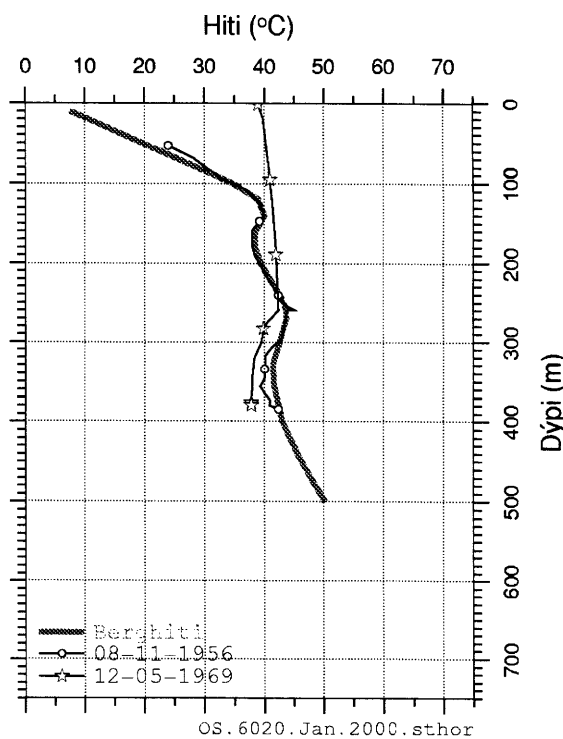
Mynd 60. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-17 við Héðinshöfða.



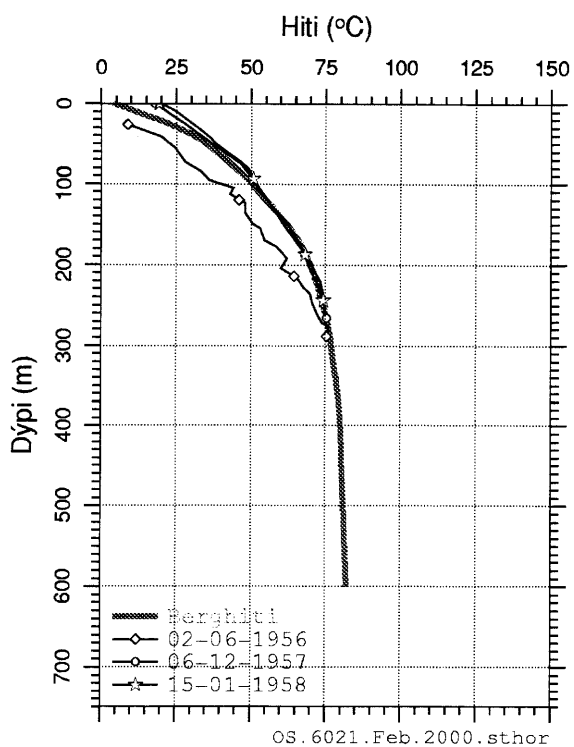
Mynd 61. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-18 í Laugardal.



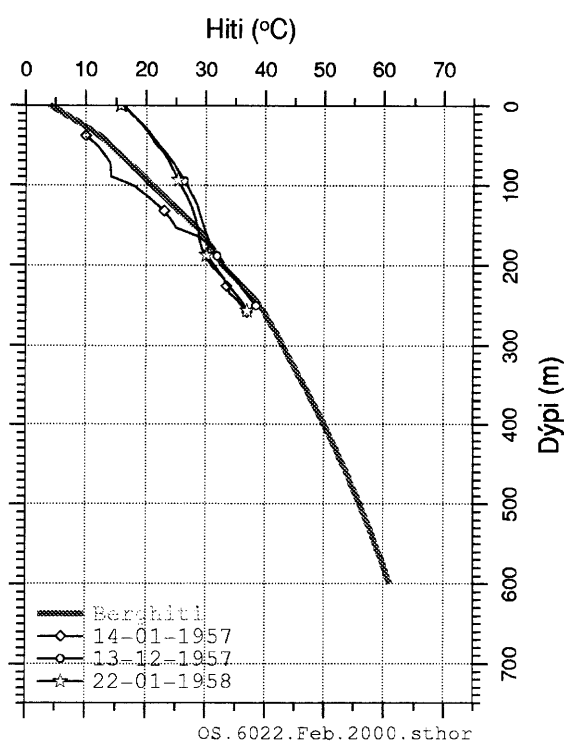
Mynd 62. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-19 í Laugardal (bílastæði sundlauganna).



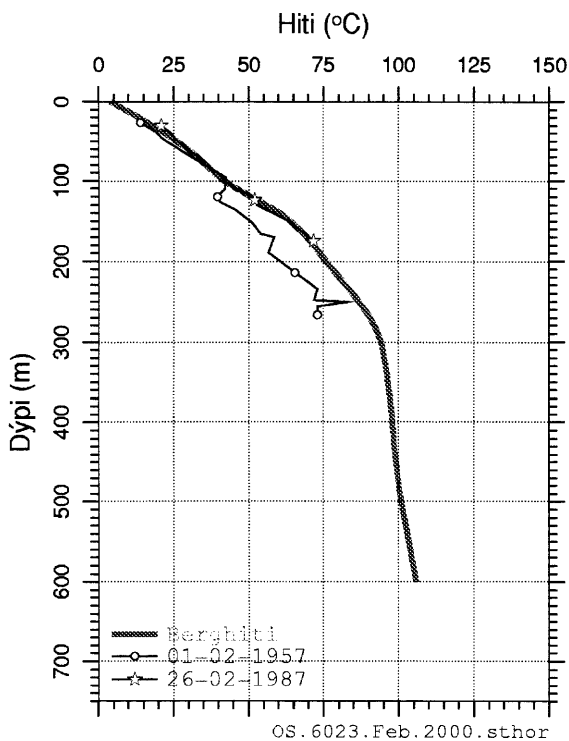
Mynd 63. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-20 í Breiðholti.



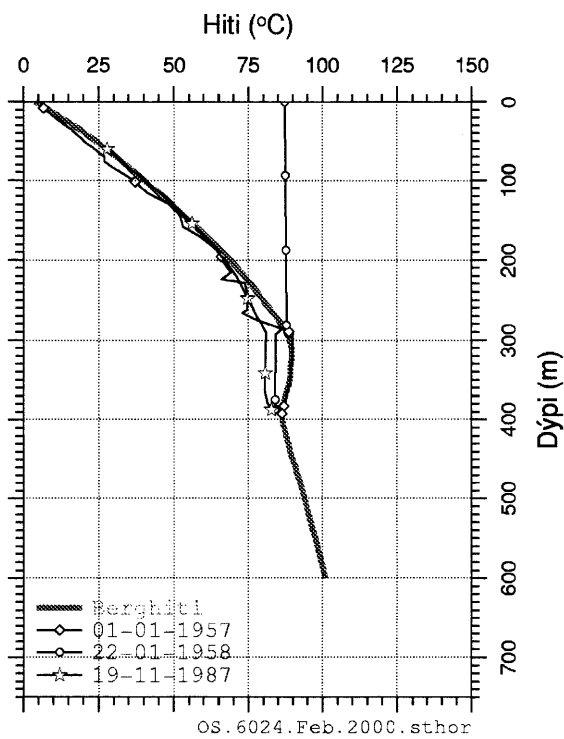
Mynd 64. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-21 við Holtaveg.



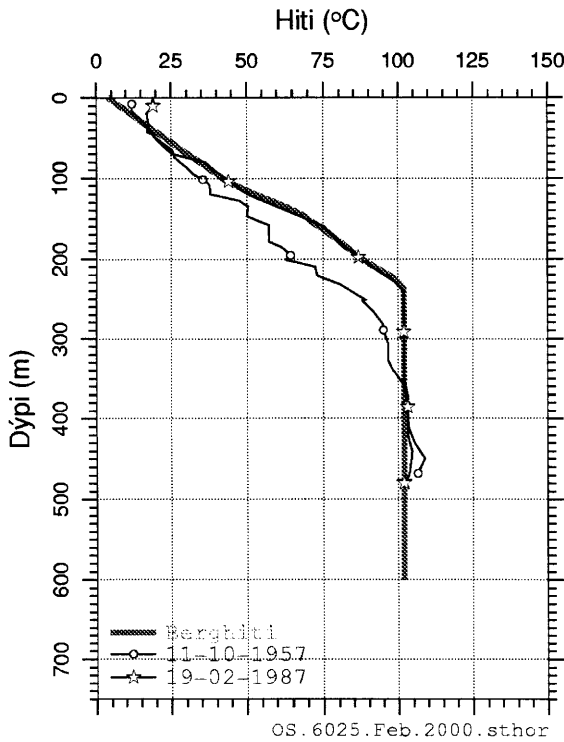
Mynd 65. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-22 í Nauthólsvík.



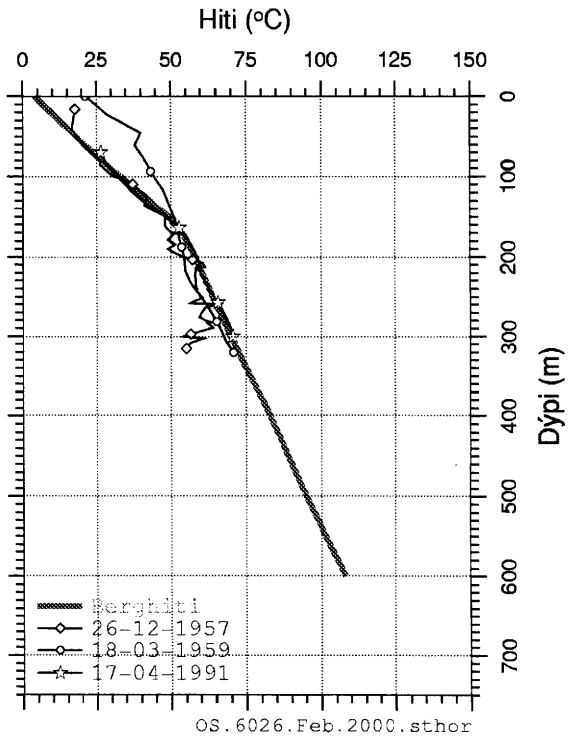
Mynd 66. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-23 við Steintún.



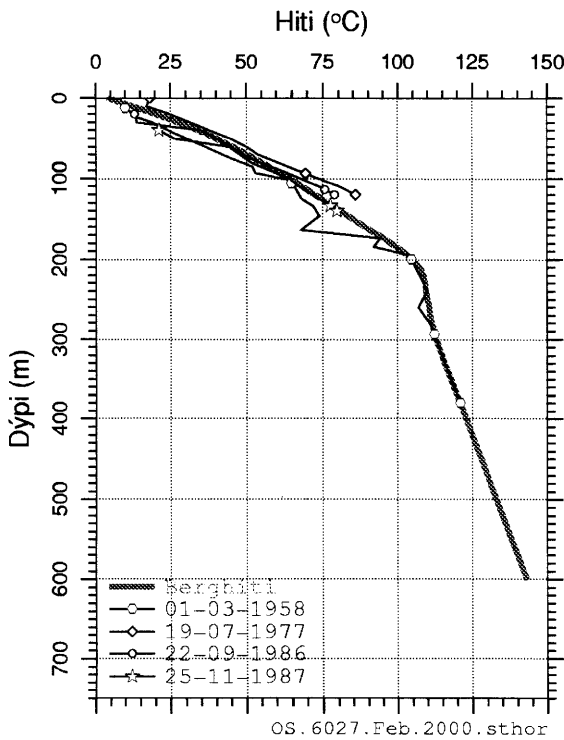
Mynd 67. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-24 við Fúlutjörn.



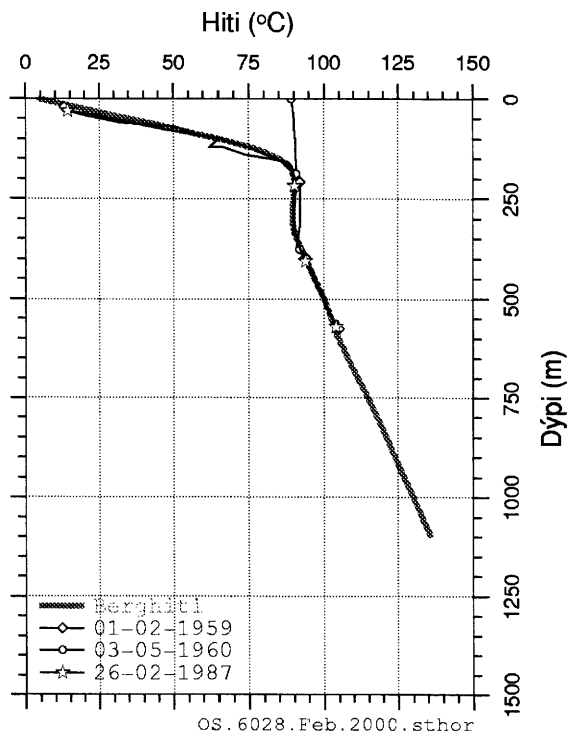
Mynd 68. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-25 við Sigtún.



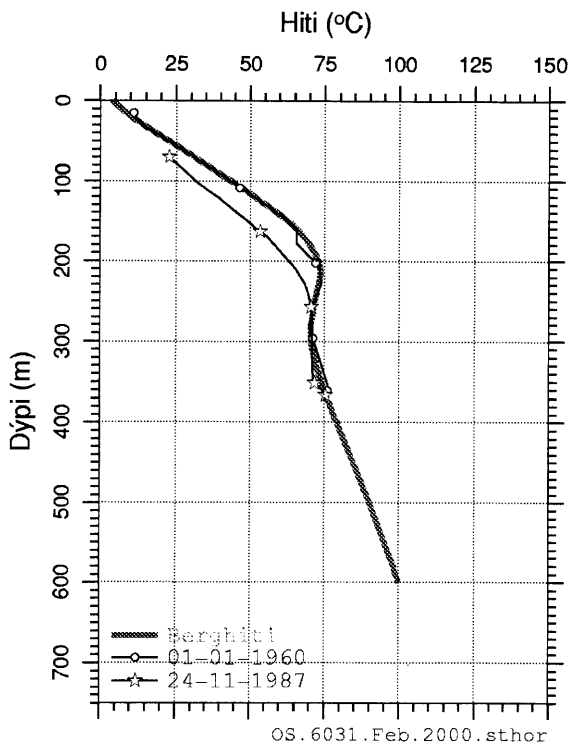
Mynd 69. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-26 í Laugardal (Þvottalaugablettur).



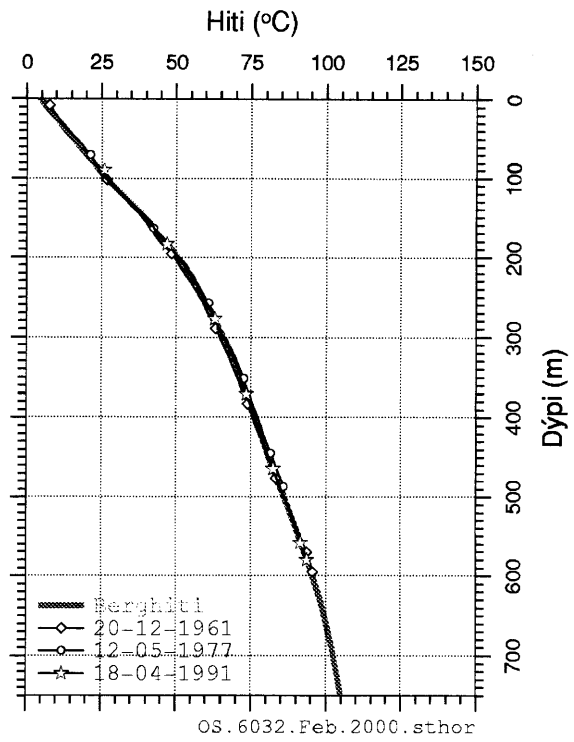
Mynd 70. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-27 við Hátún.



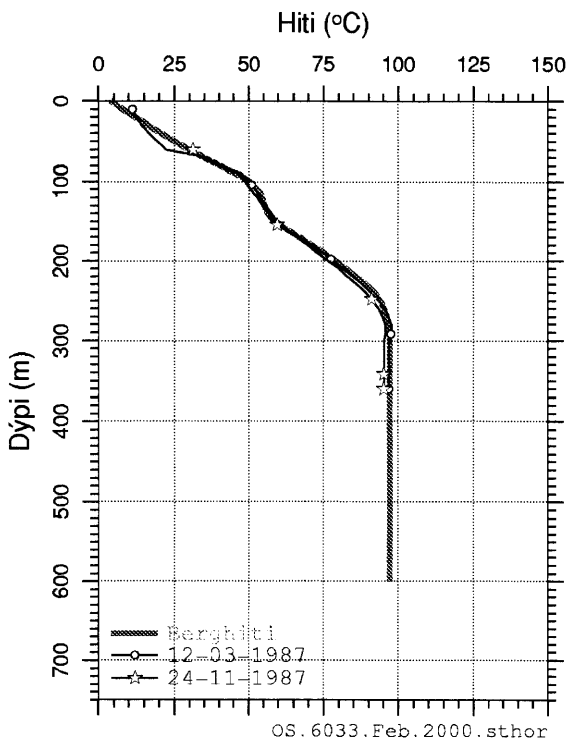
Mynd 71. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-28 við Rauðarárstíg.



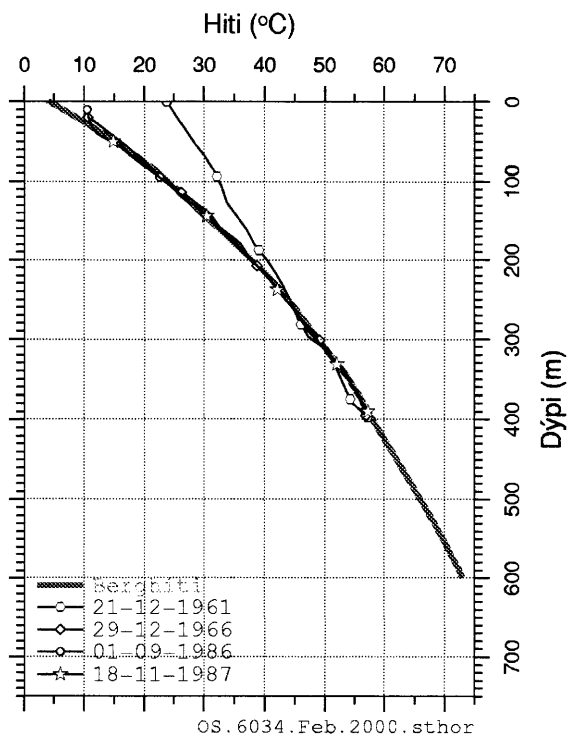
Mynd 72. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-31 við Laugaveg.



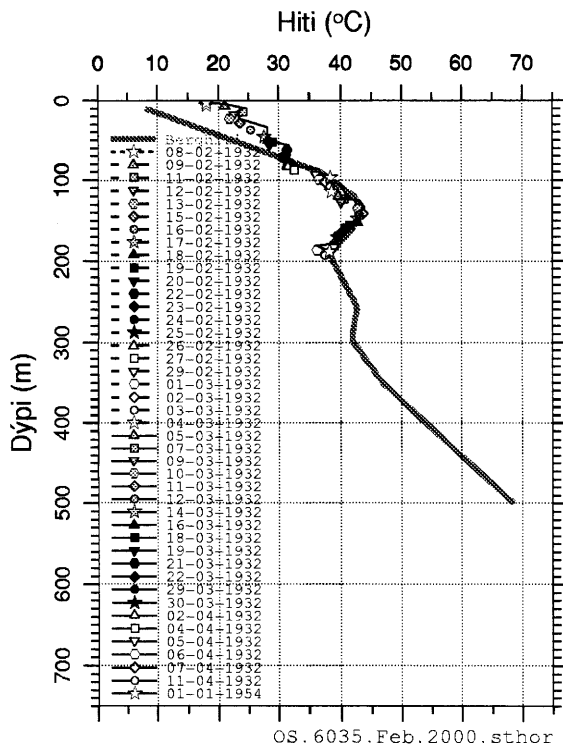
Mynd 73. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-32 við Grensás-Miklubraut.



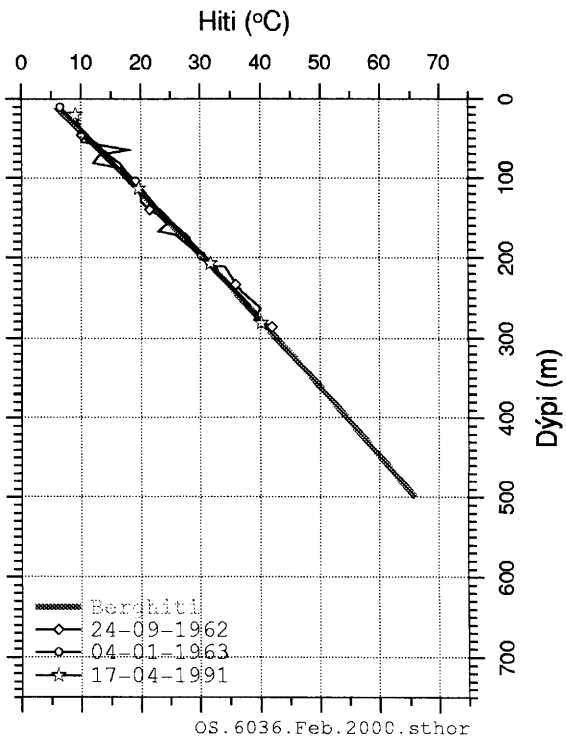
Mynd 74. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-33 við Borgartún.



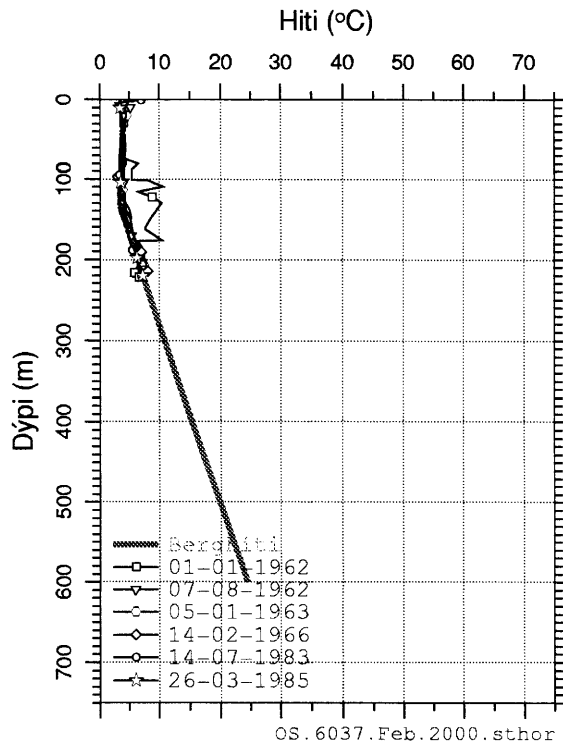
Mynd 75. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-34 í Laugarnesi.



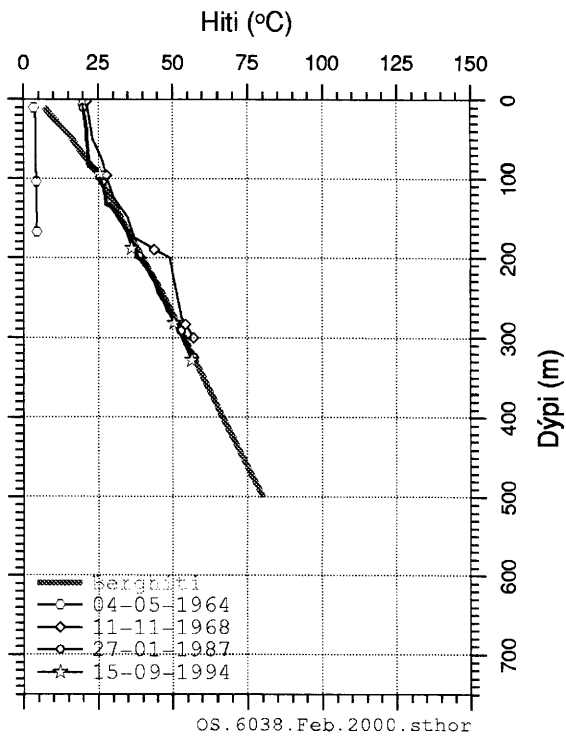
Mynd 76. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-35 í Breiðholtsmýri.



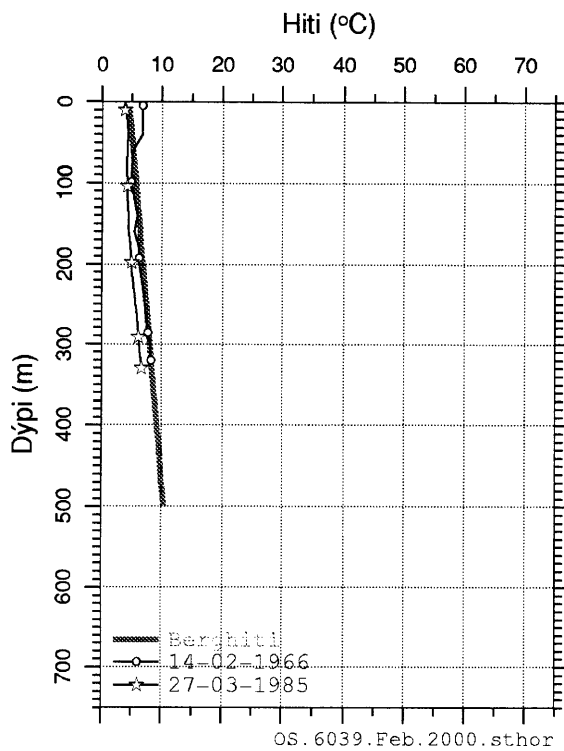
Mynd 77. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-36, austan Sæbrautar.



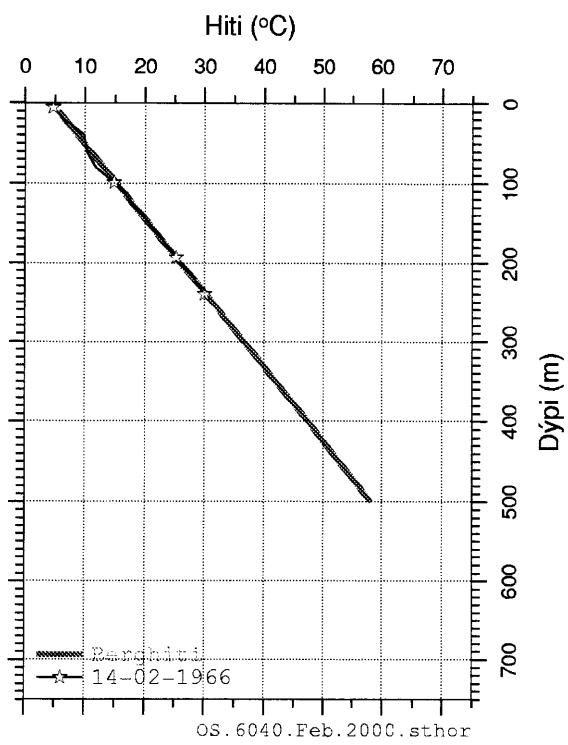
Mynd 78. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-37 í Rauðhólum.



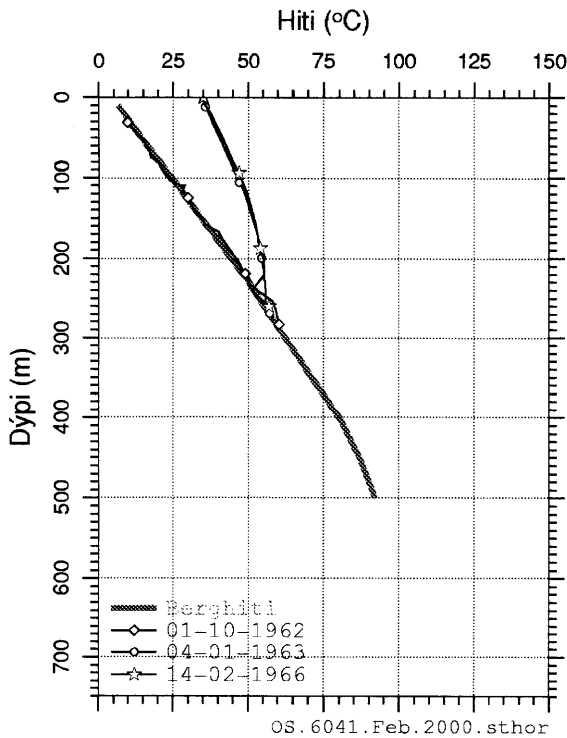
Mynd 79. Hitamælingar og berghitaferill í holu H-38, austan í Langholti.



**Mynd 80.** Hitamælingar og berghitaferill í holu H-39 við Elliðavatn.



**Mynd 81.** Hitamælingar og berghitaferill í holu H-40 í Gufunesi.



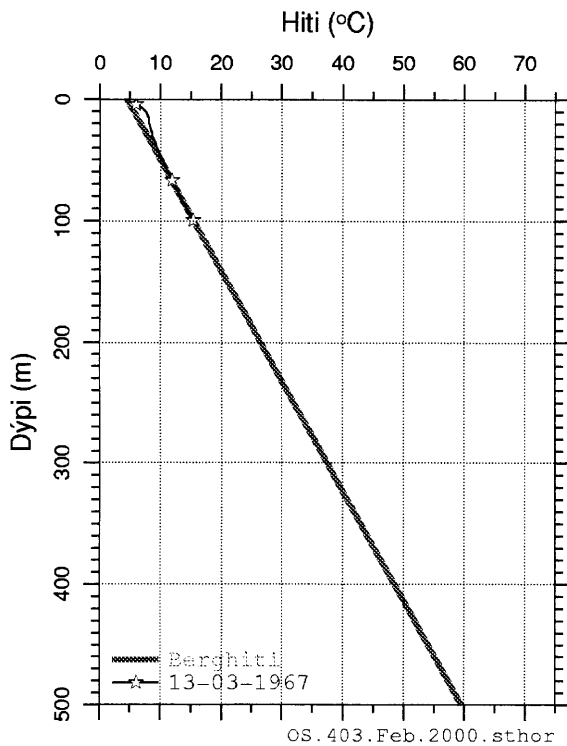
**Mynd 82.** Hitamælingar og berghitaferill í holu H-41 við Árbæjarstíflu.



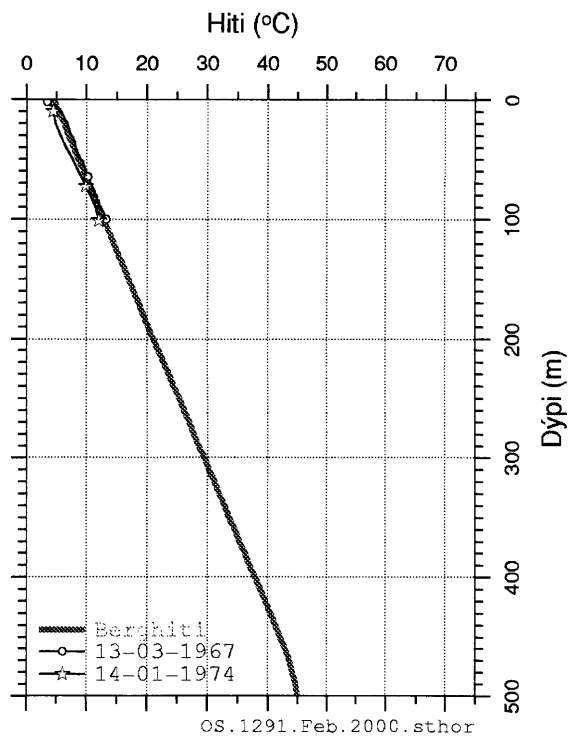


### VIÐAUKI 3. BERGHITAFERLAR Í HS-HOLUM

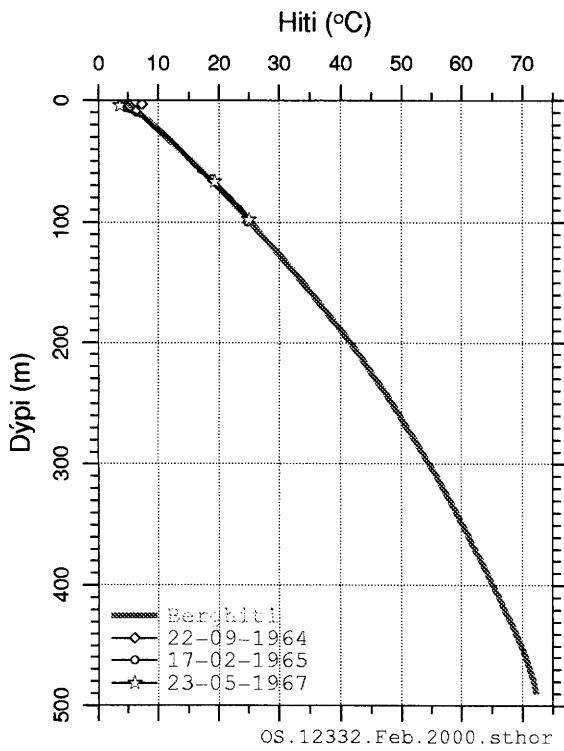
Í þessum viðauka eru sýndar hitamælingar og berghitaferlar í þeim HS-holum á höfuðborgarsvæðinu þar sem berghitaferill hefur verið túlkaður. Alls eru 62 holur í þessari syrpu, og hafa berghitaferlar verið túlkaðar fyrir 50 þeirra. Ekki hefur verið túlkaður berghitaferill fyrir nýjustu holurnar í Geldinganesi, en stuðst var við hitastigulsrannsóknir Þórólfs H. Hafstað (1999) á því svæði.



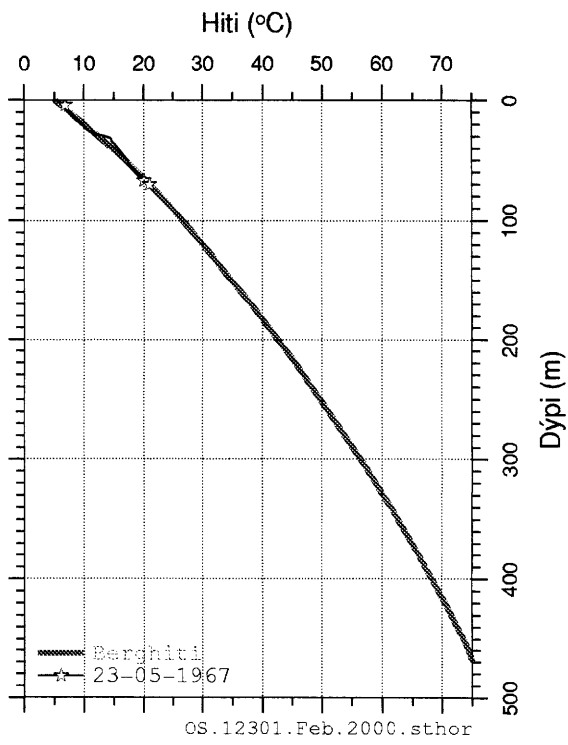
**Mynd 83.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-03 við Ánanaust.



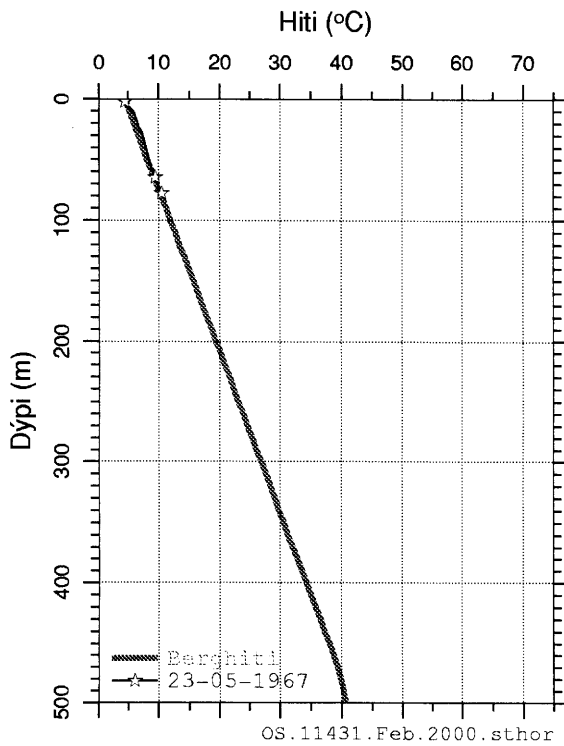
**Mynd 84.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-04 við Ægissíðu.



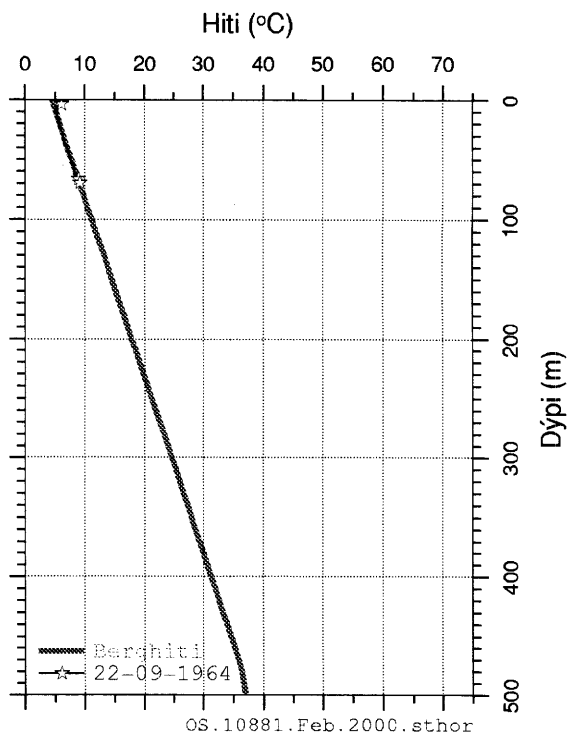
**Mynd 85.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-05 við Bjarnastaði.



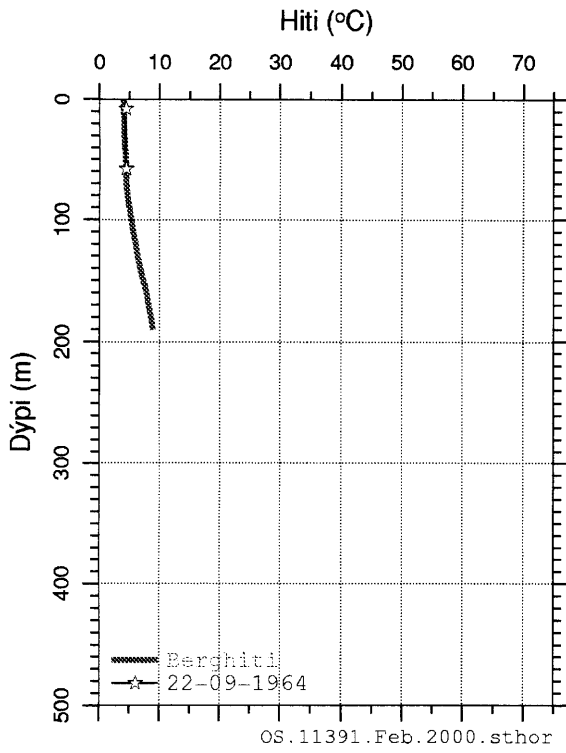
**Mynd 86.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-06 við Akrakot.



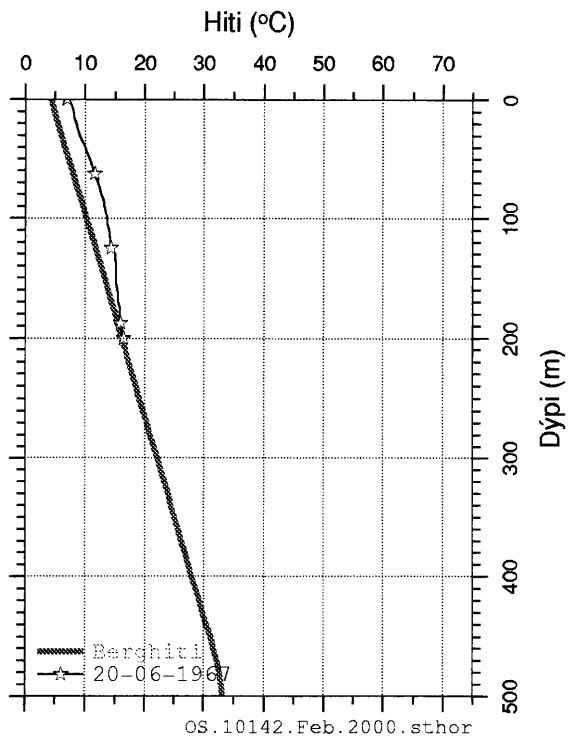
**Mynd 87.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-07 við Víðistaði.



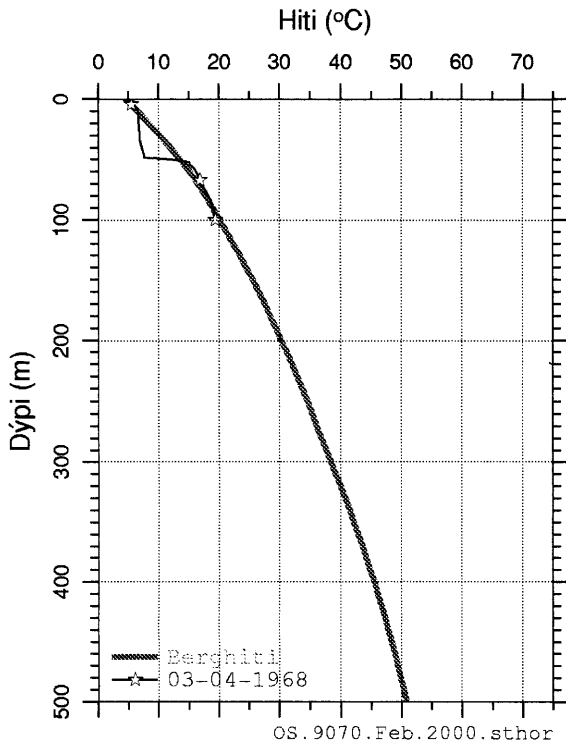
**Mynd 88.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-08 við Hvaleyrarbraut.



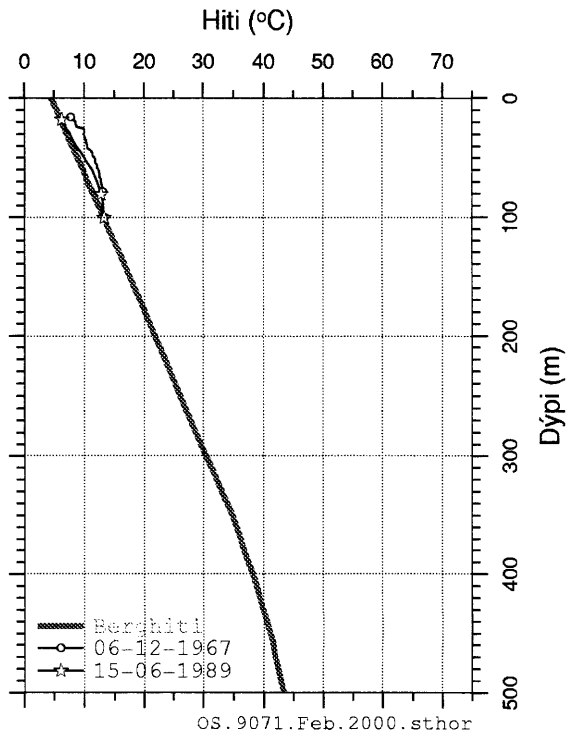
Mynd 89. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-09 í Svínholt.



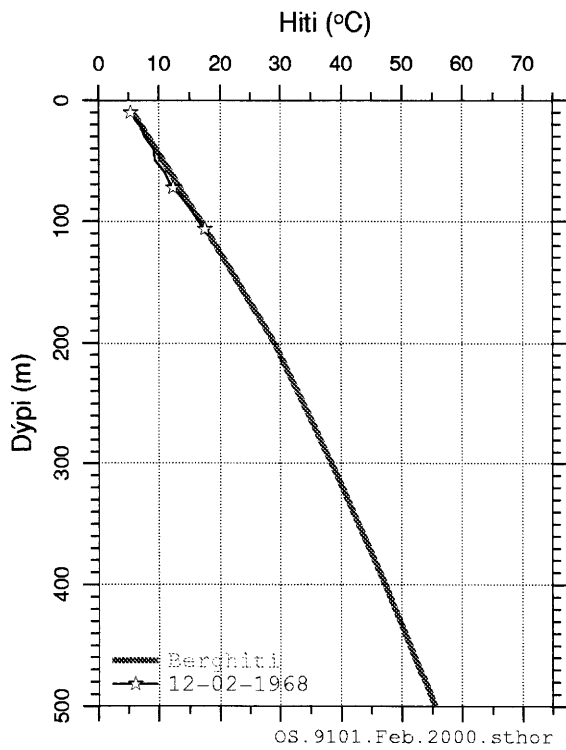
Mynd 90. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-10 við Goðatún.



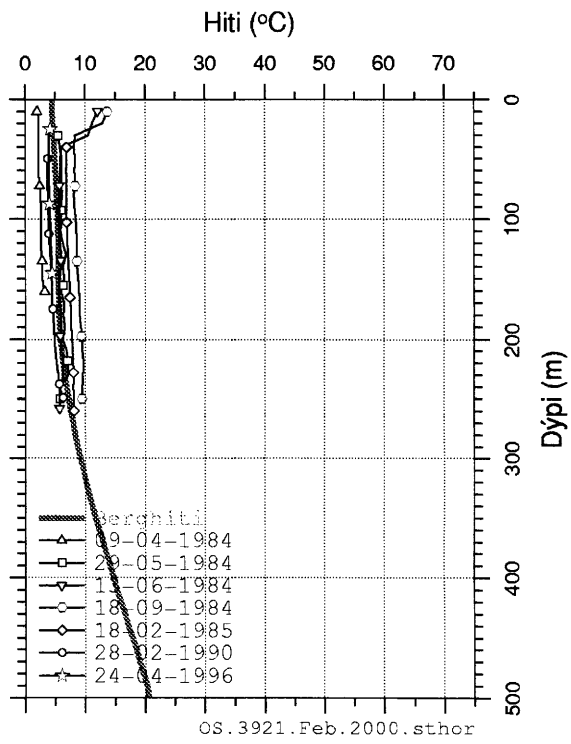
Mynd 91. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-11 við Fífuhvamm.



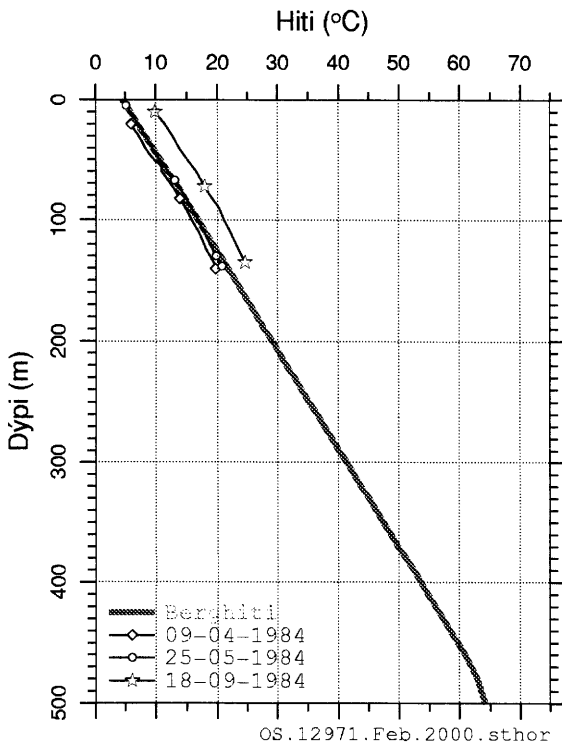
Mynd 92. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-12 í Leirdal.



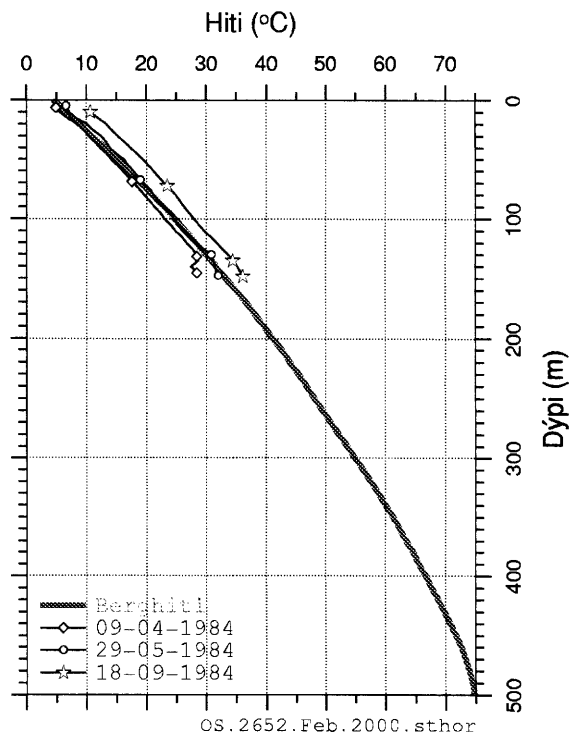
Mynd 93. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-13 við Nýbýlaveg.



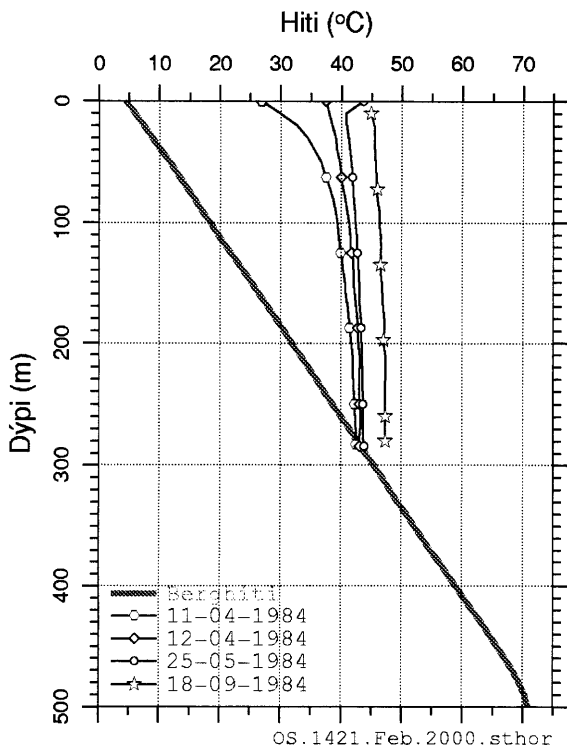
Mynd 94. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-14 á Lambhagamelum.



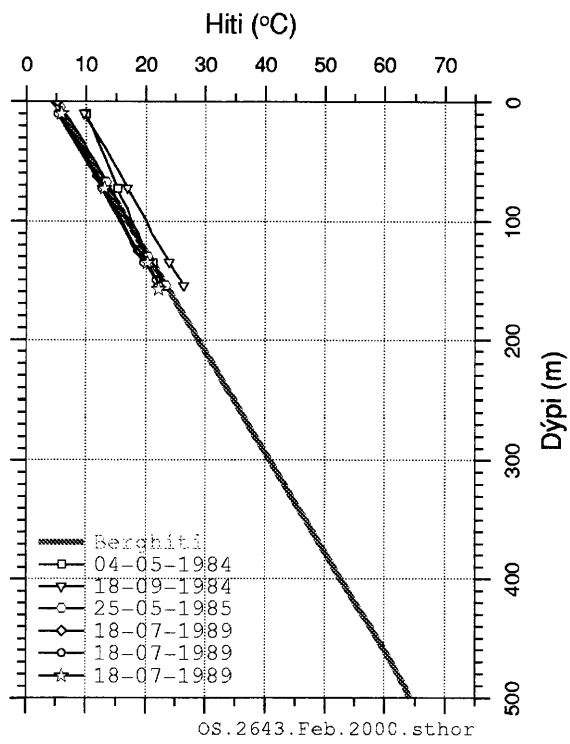
Mynd 95. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-15 við Hestaþingshól.



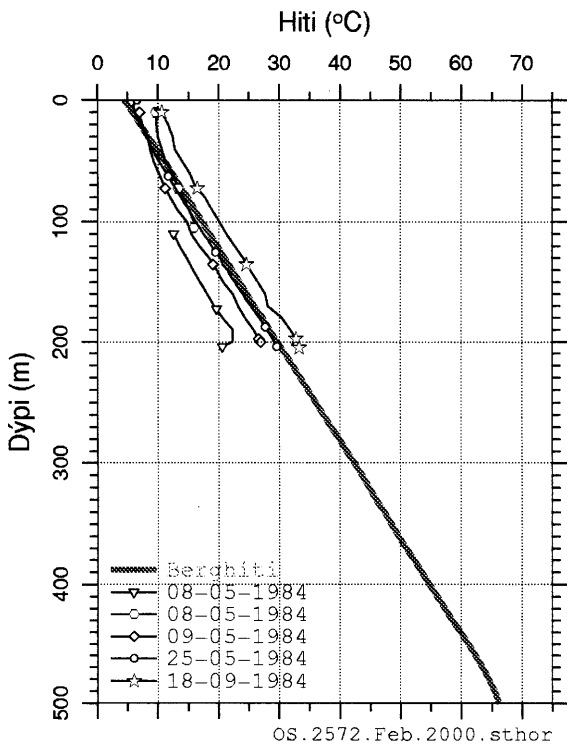
Mynd 96. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-16 við Korpuósa.



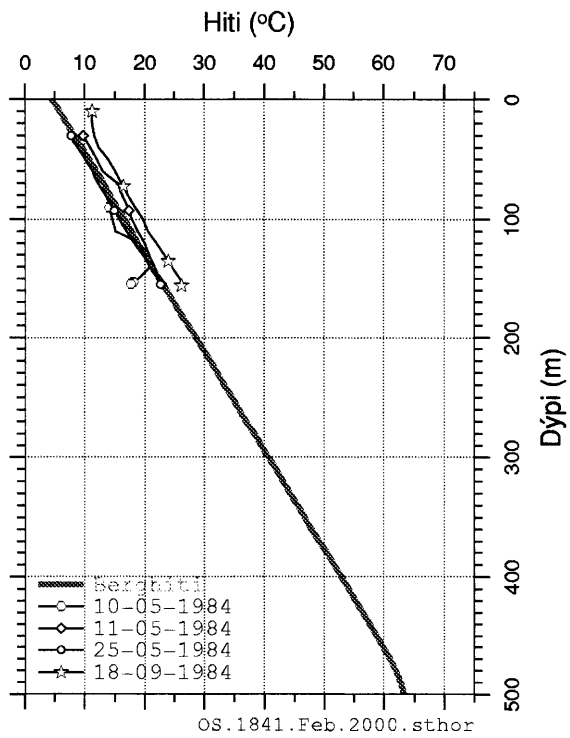
Mynd 97. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-17 í Grafarvogi.



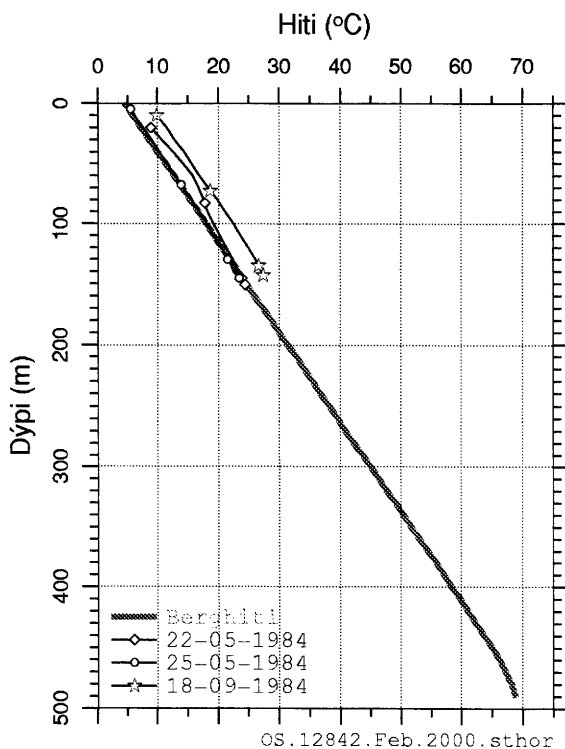
Mynd 98. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-18 á Korpúlfsstöðum.



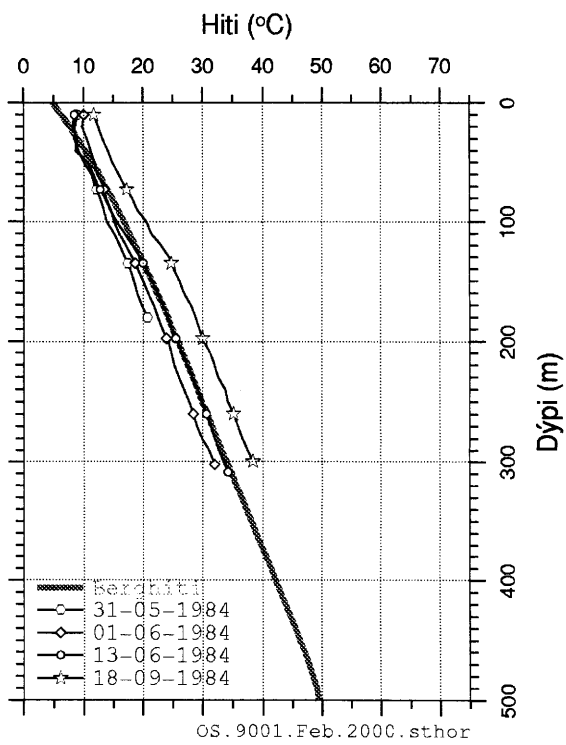
Mynd 99. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-19 á Keldum.



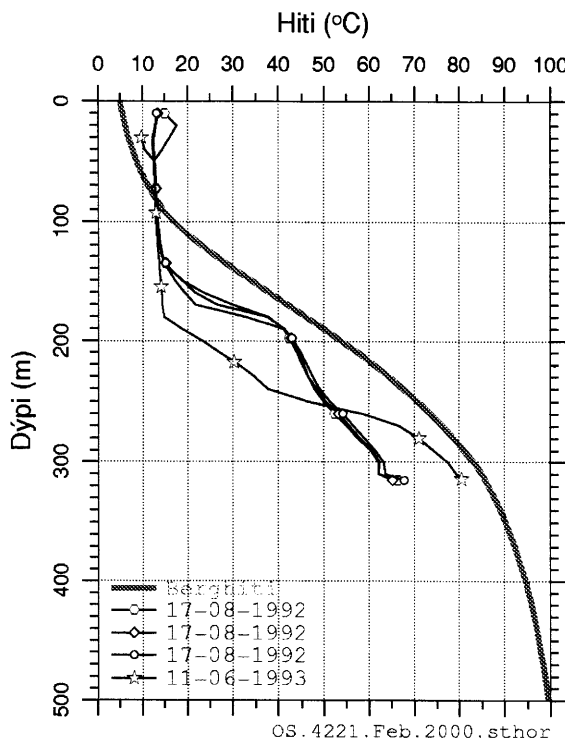
Mynd 100. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-20 á Gufunesmelum.



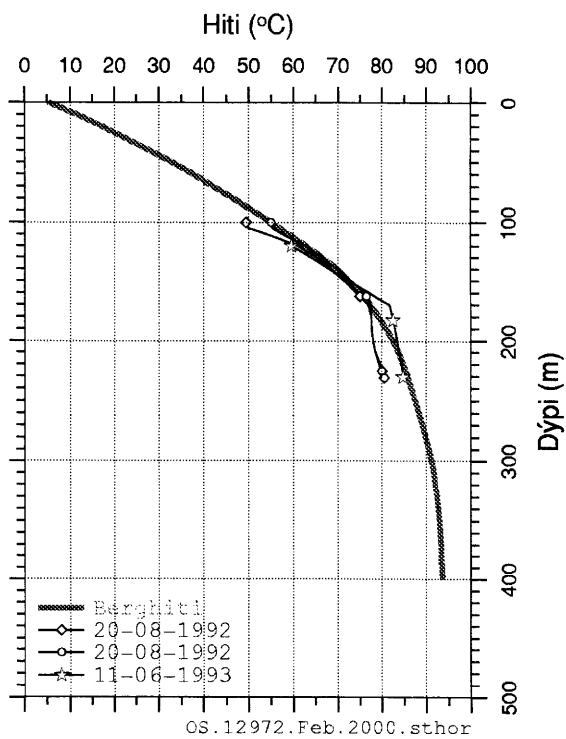
**Mynd 101.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-21 á Blikastöðum.



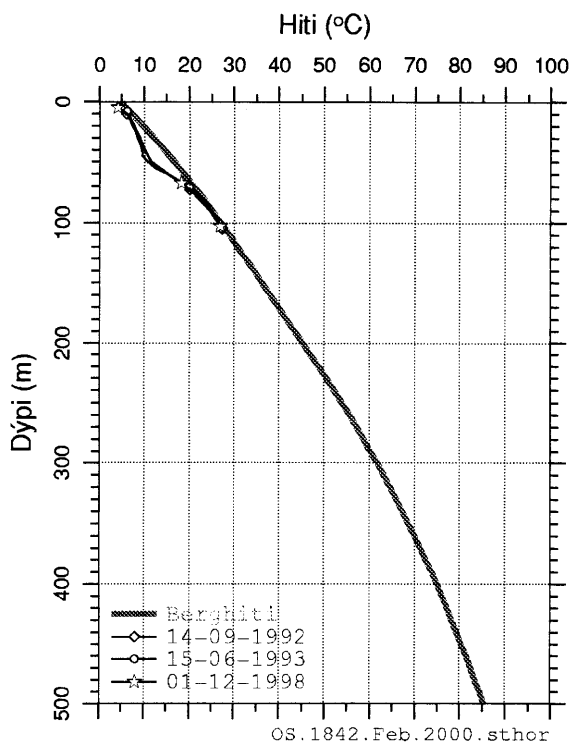
**Mynd 102.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-22 í Digranesi.



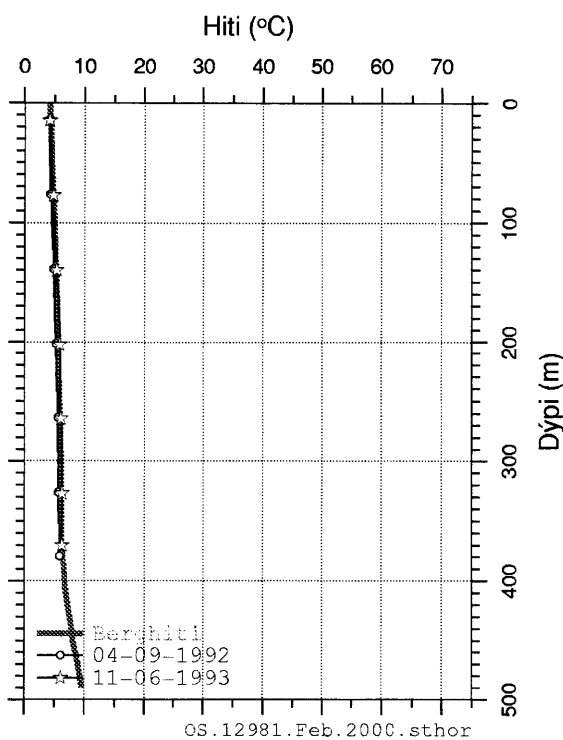
**Mynd 103.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-23 á Bústaðahálsi.



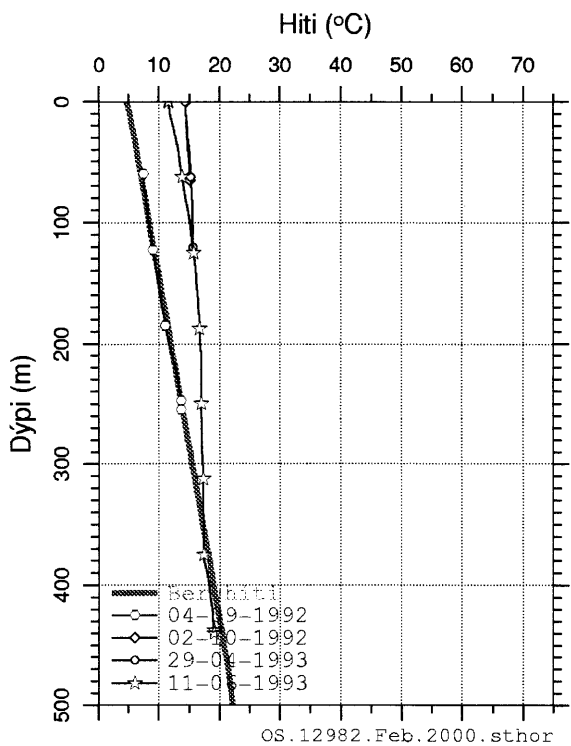
**Mynd 104.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-24 í Skammadal.



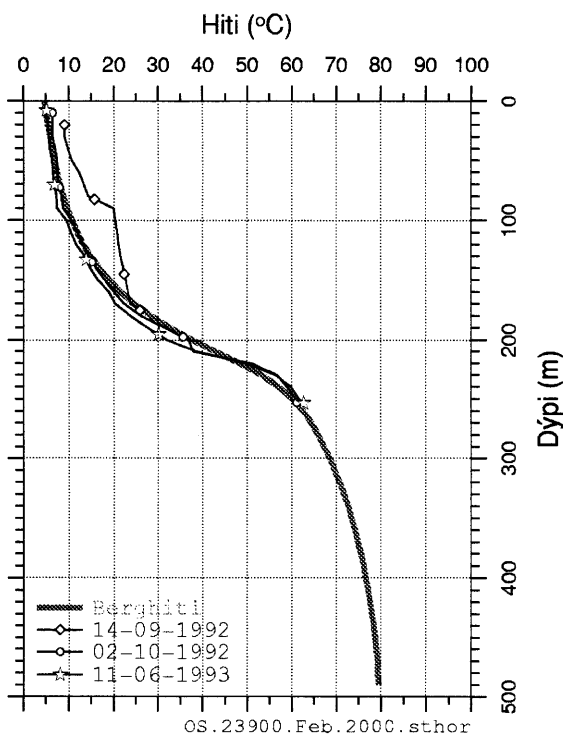
**Mynd 105.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-25 í Geldinganesi.



**Mynd 106.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-26 við Hafravatn.

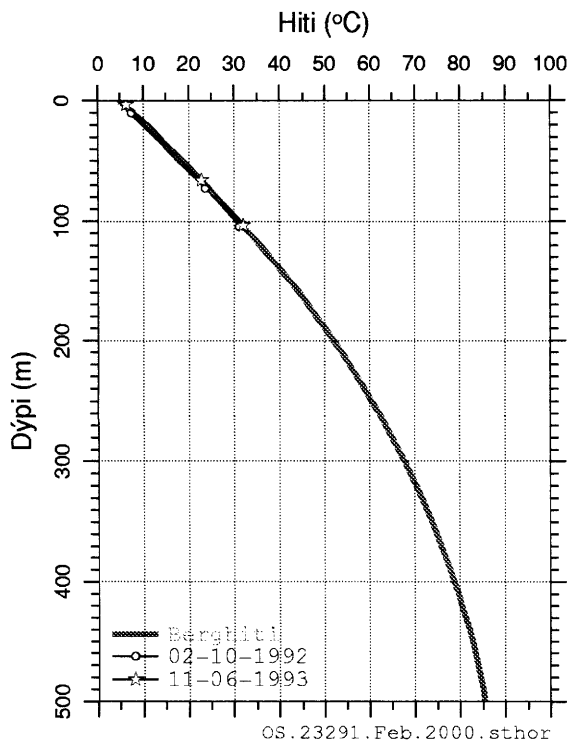


**Mynd 107.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-27 í Þormóðsdal.

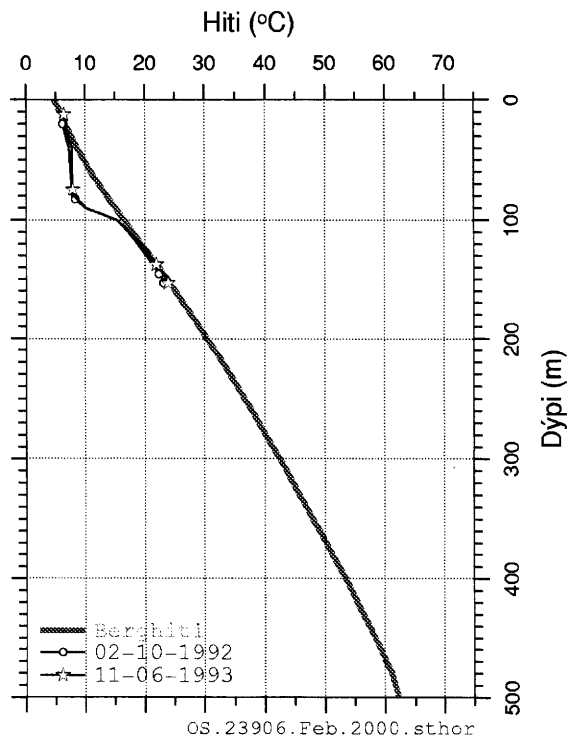


**Mynd 108.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-28 í Álfsnesi.

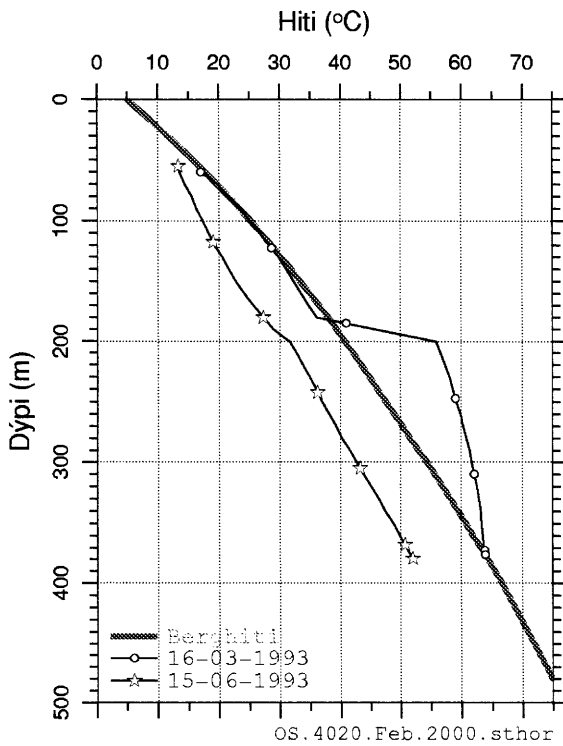




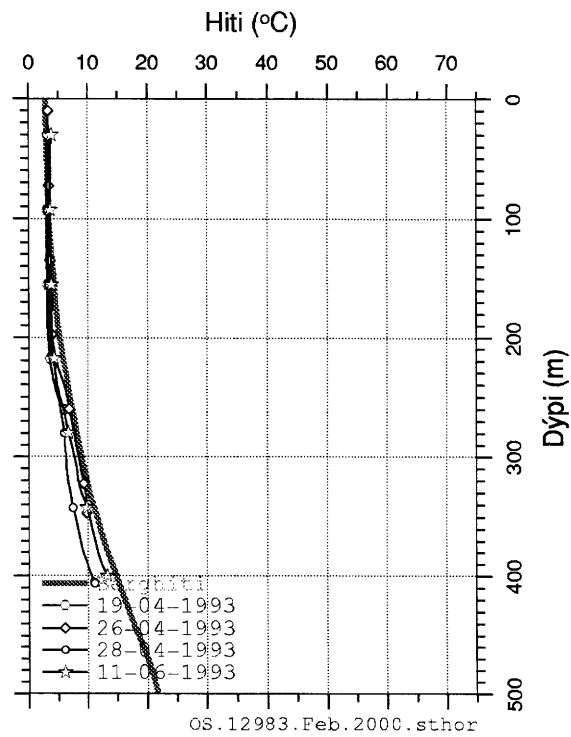
Mynd 109. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-29 við Svilaklöpp.



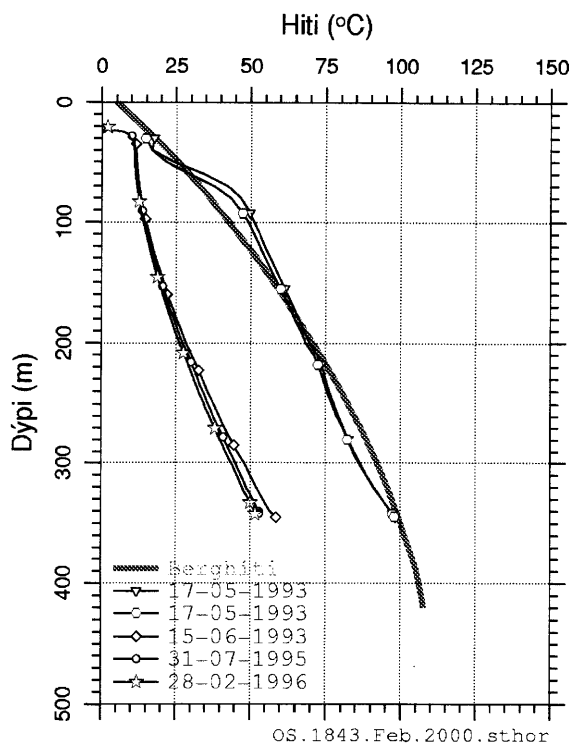
Mynd 110. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-30 í Álfsnesi.



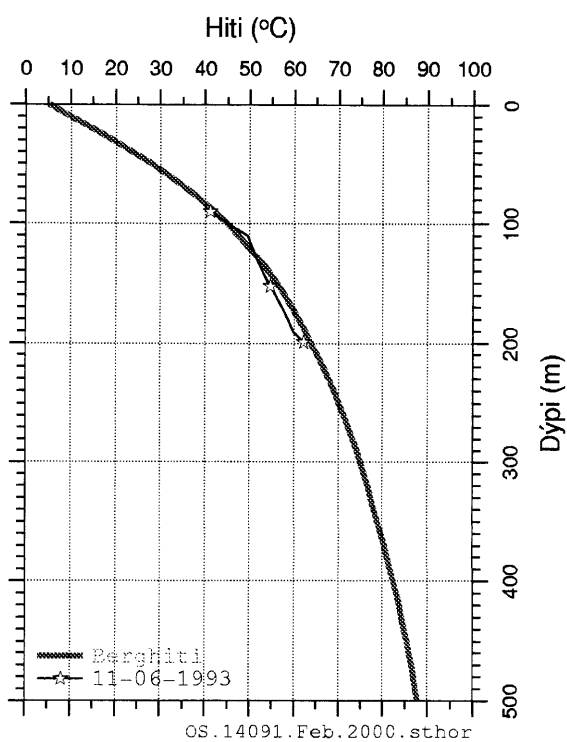
Mynd 111. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-31 við Vatnagarða.



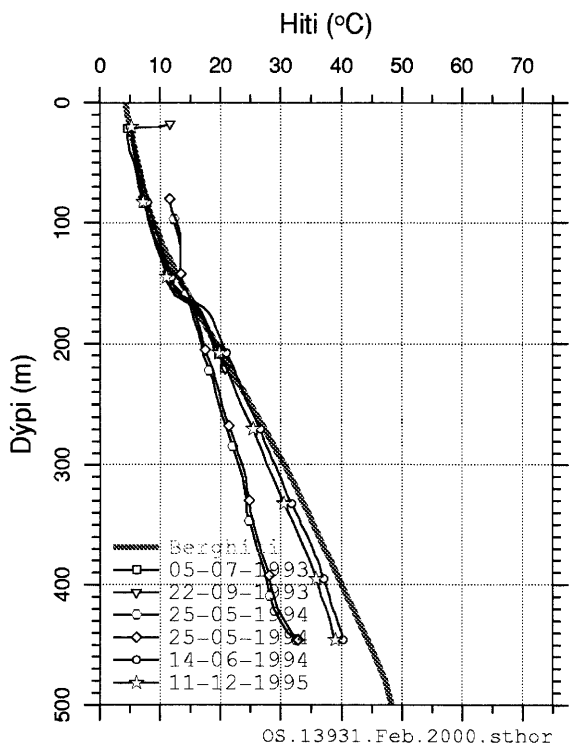
Mynd 112. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-32 í Þormóðsdal.



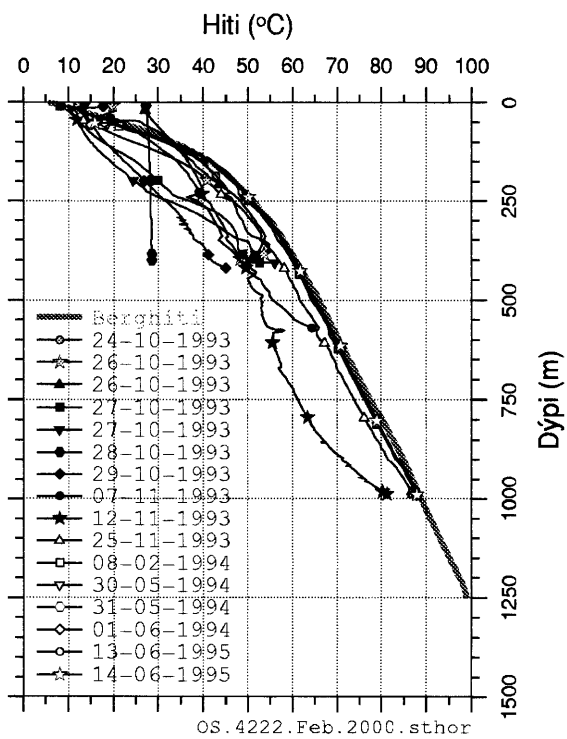
Mynd 113. Hitamælingar og berghita-ferill í holu HS-33 í Geldinganesi.



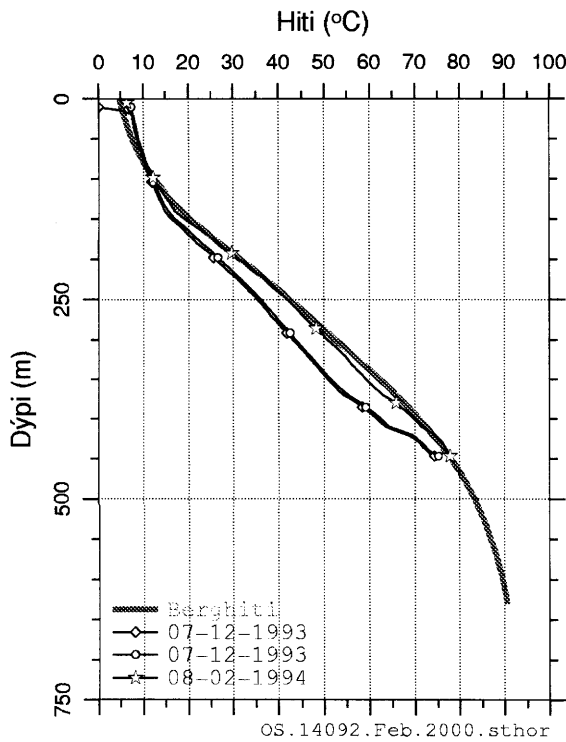
Mynd 114. Hitamælingar og berghita-ferill í holu HS-34 í Uxamýri.



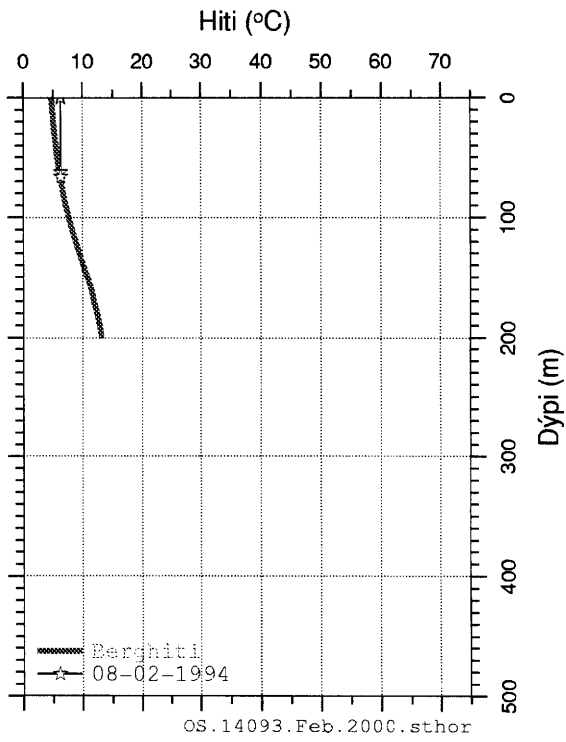
Mynd 115. Hitamælingar og berghita-ferill í holu HS-35 í Skarhólamýri.



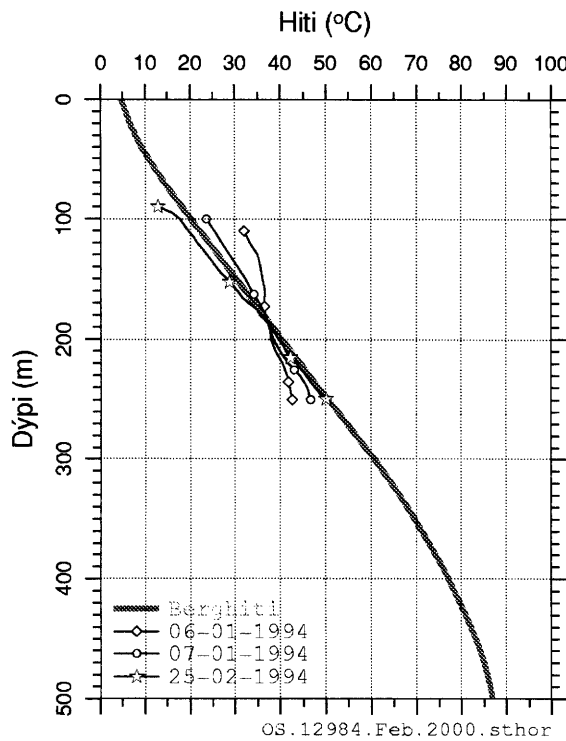
Mynd 116. Hitamælingar og berghita-ferill í holu HS-36 við Nauthólsvík.



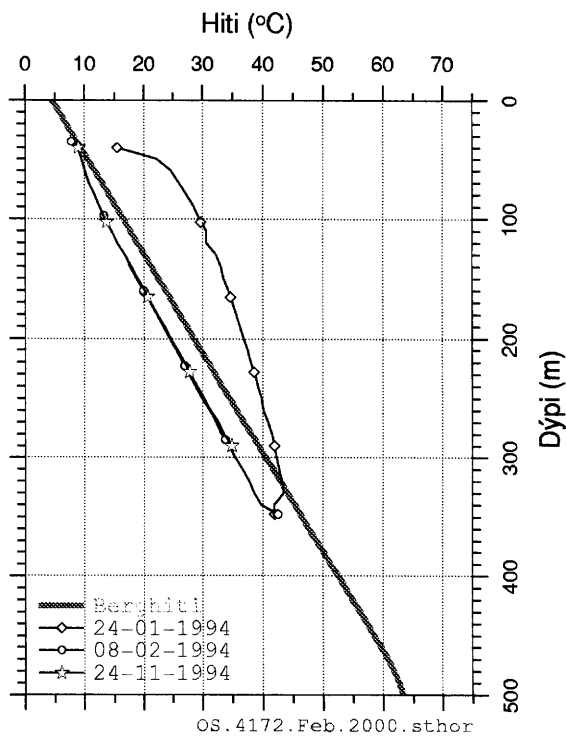
Mynd 117. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-37 við Helgafell.



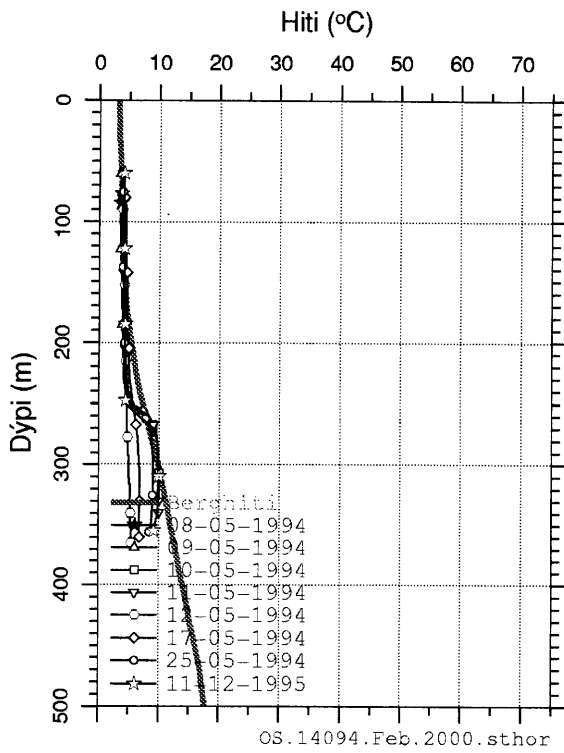
Mynd 118. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-38 í Mosfellsdal.



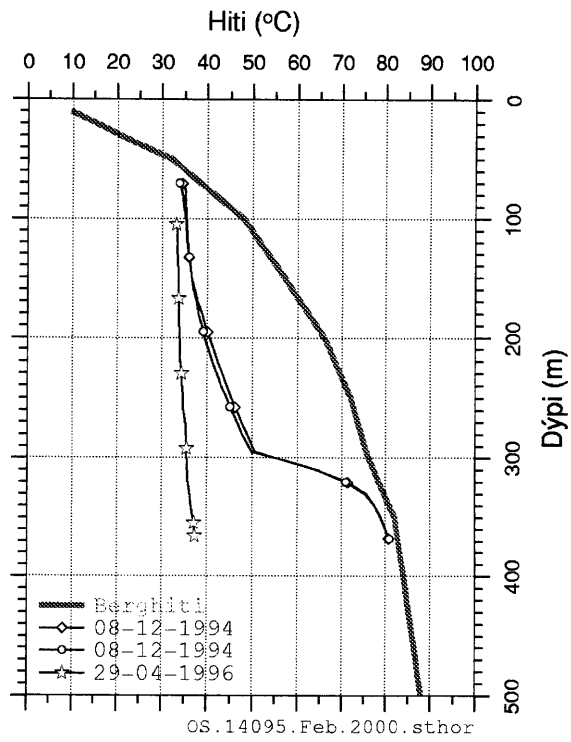
Mynd 119. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-39 á Sólvöllum.



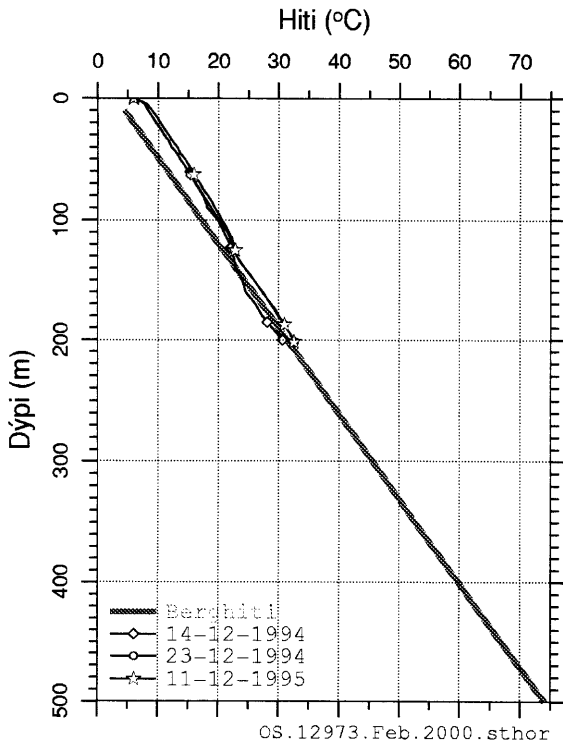
Mynd 120. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-40 í Örfirisey.



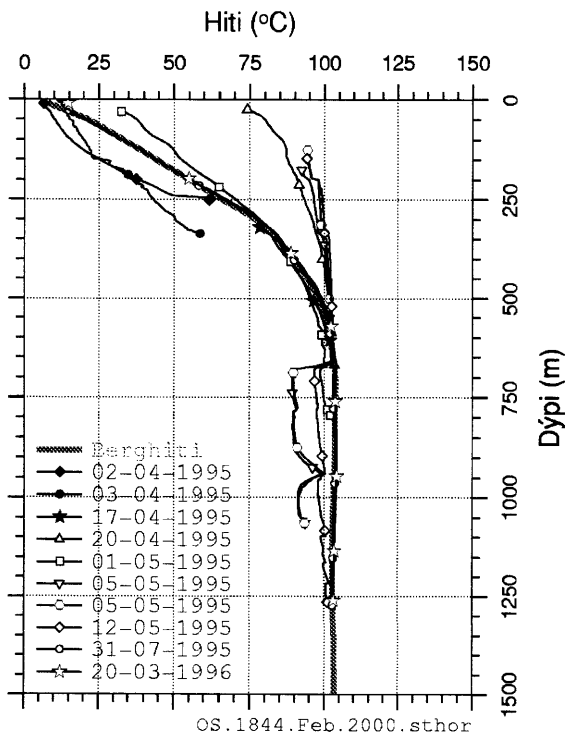
Mynd 121. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-41 við Reykjahvol.



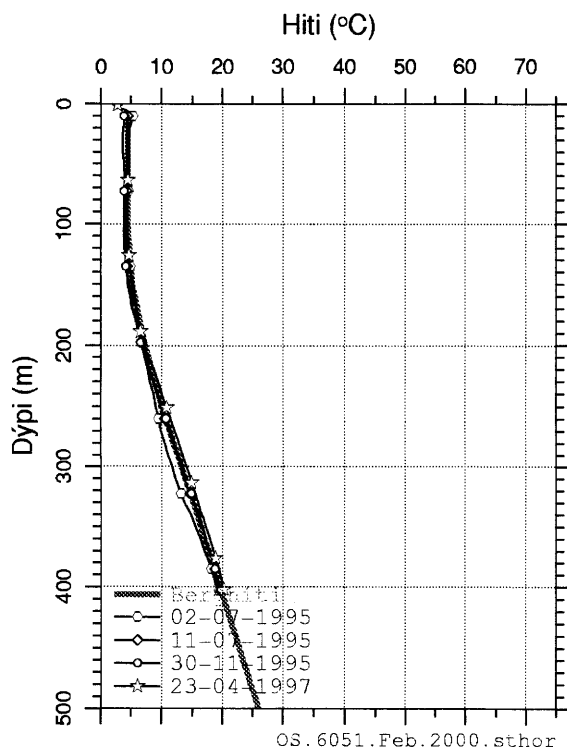
Mynd 122. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-42 í Húsadal.



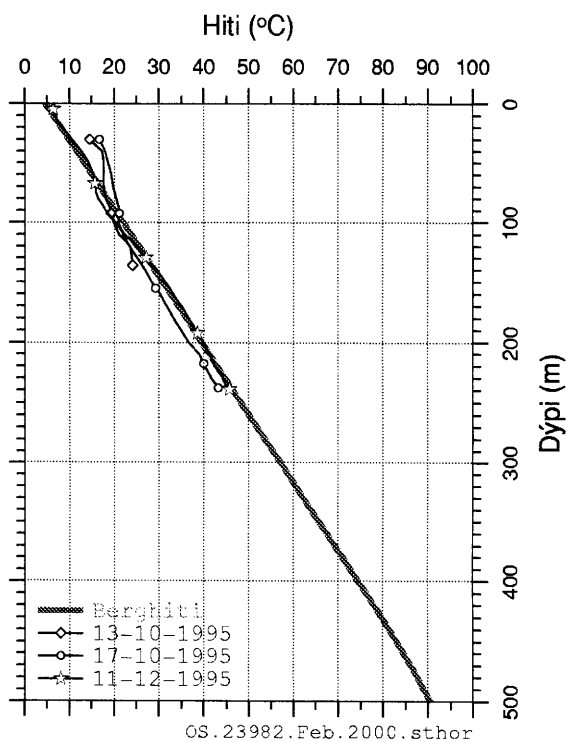
Mynd 123. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-43 á Langatanga.



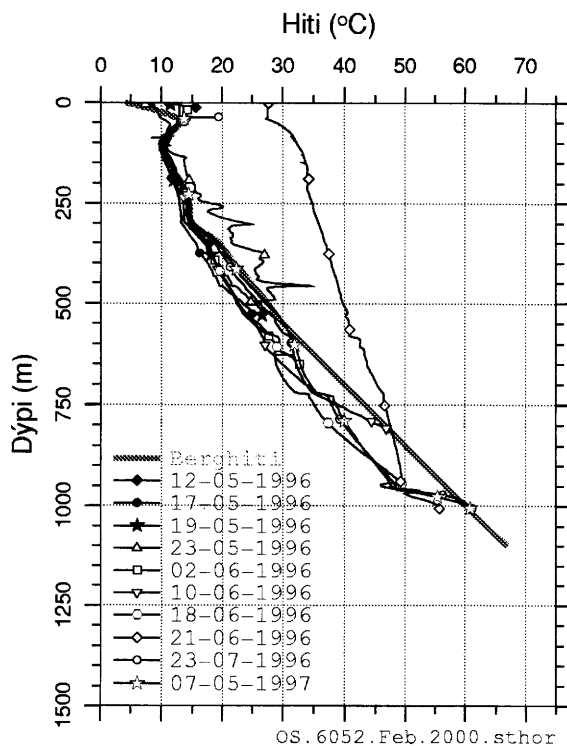
Mynd 124. Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-44 í Geldinganesi.



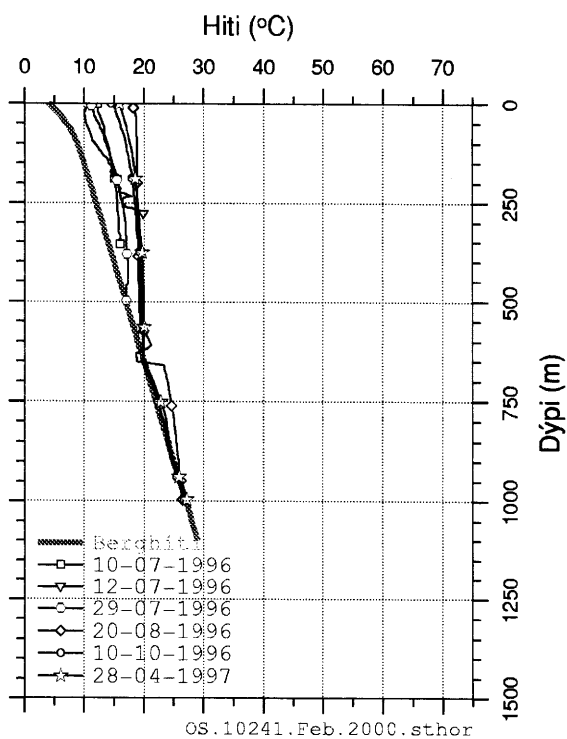
**Mynd 125.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-45 við Vatnsveituveg.



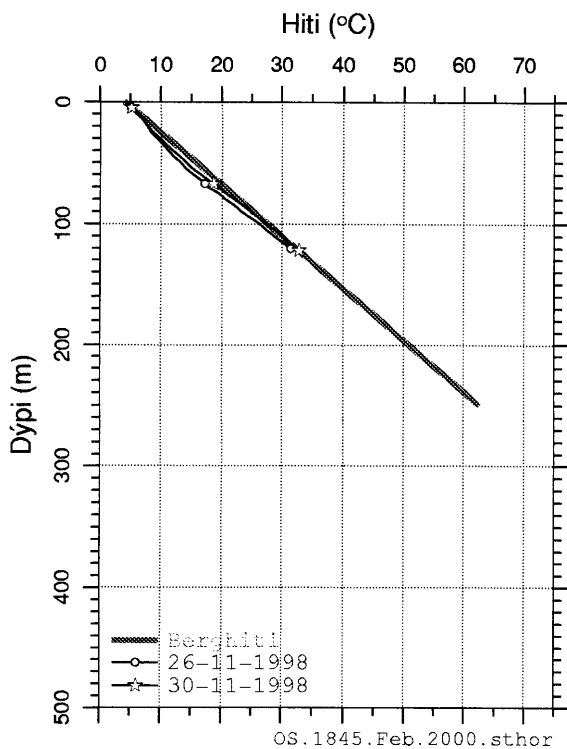
**Mynd 126.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-46 í Gunnunesi.



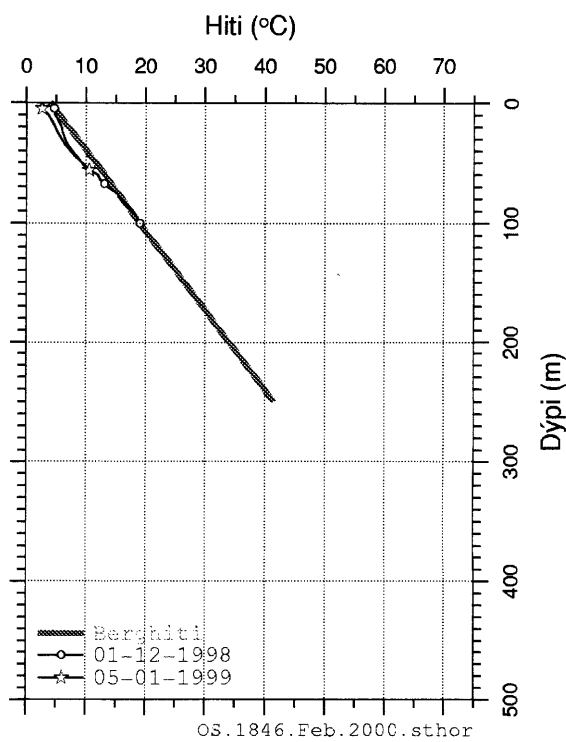
**Mynd 127.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-47 í Breiðholti.



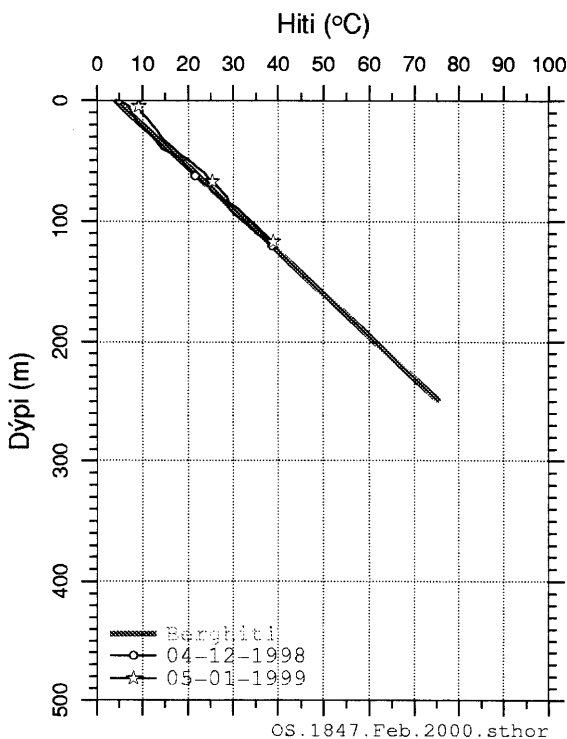
**Mynd 128.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-48 við Hofsstæði.



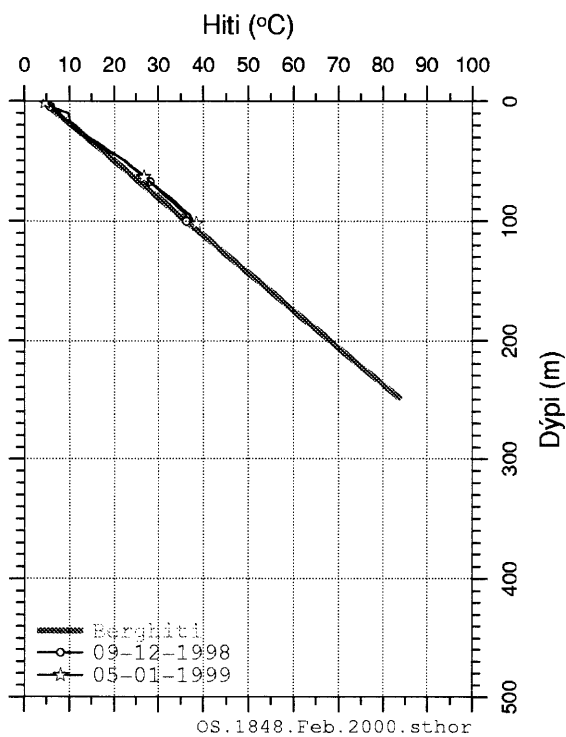
**Mynd 129.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-52 í Geldinganesi.



**Mynd 130.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-53 í Geldinganesi.



**Mynd 131.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-54 í Geldinganesi.

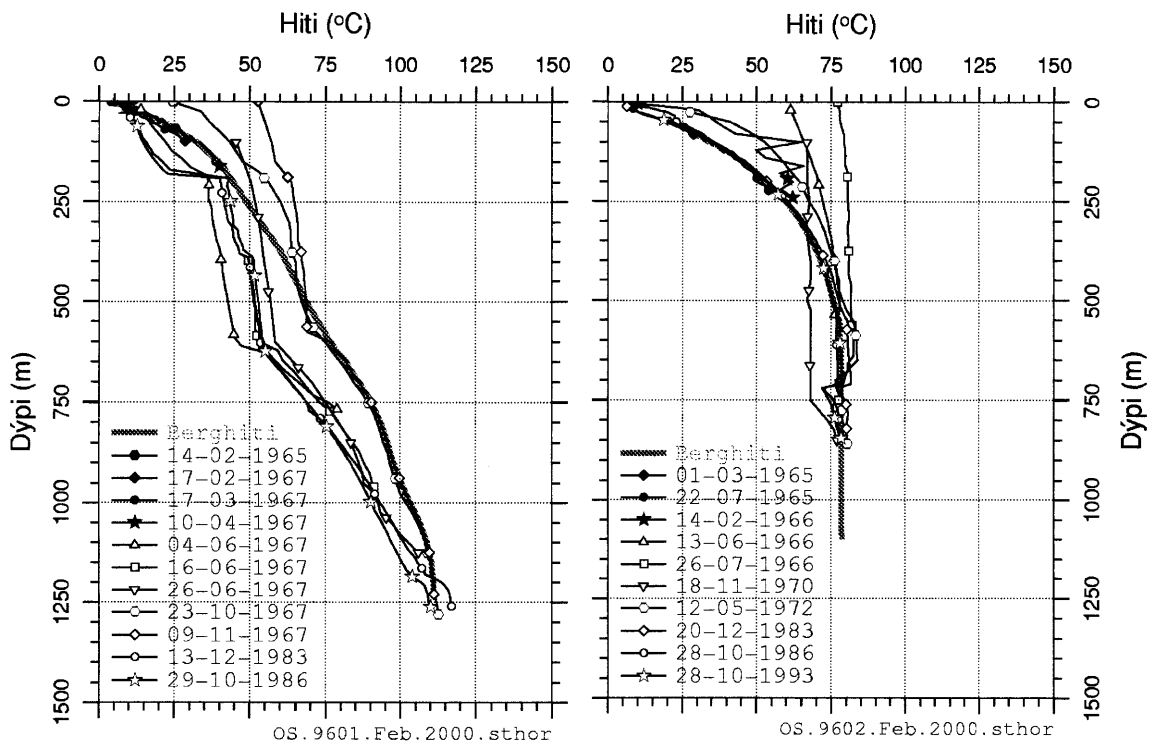


**Mynd 132.** Hitamælingar og berghitaferill í holu HS-55 í Geldinganesi.



## VIÐAUKI 4. BERGHITAFERLAR Í SN-HOLUM

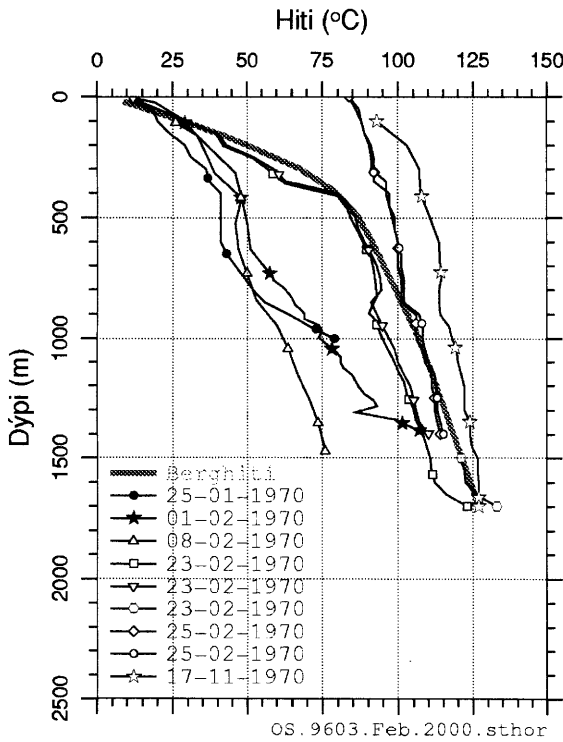
Í þessum viðauka eru sýndar hitamælingar og berghitaferlar í þeim SN-holum á Seltjarnarnesi þar sem berghitaferill hefur verið túlkaður. Alls eru 12 holur í þessari syrpu, og hafa berghitaferlar verið túlkaðar fyrir þær allar.



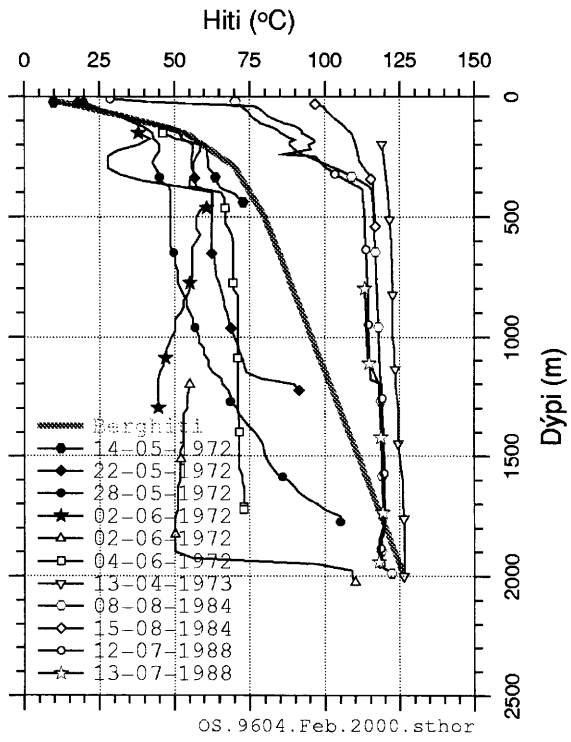
**Mynd 133.** Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-01 á Bakka.

**Mynd 134.** Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-02 við Bygggarða.

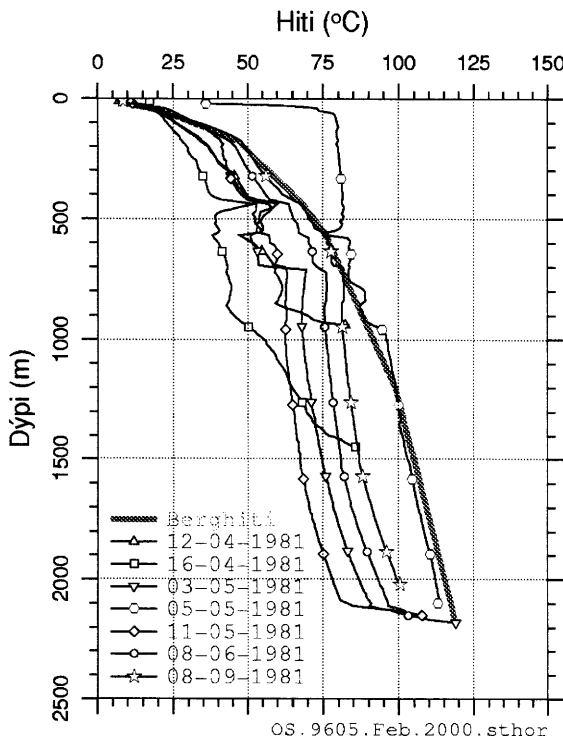




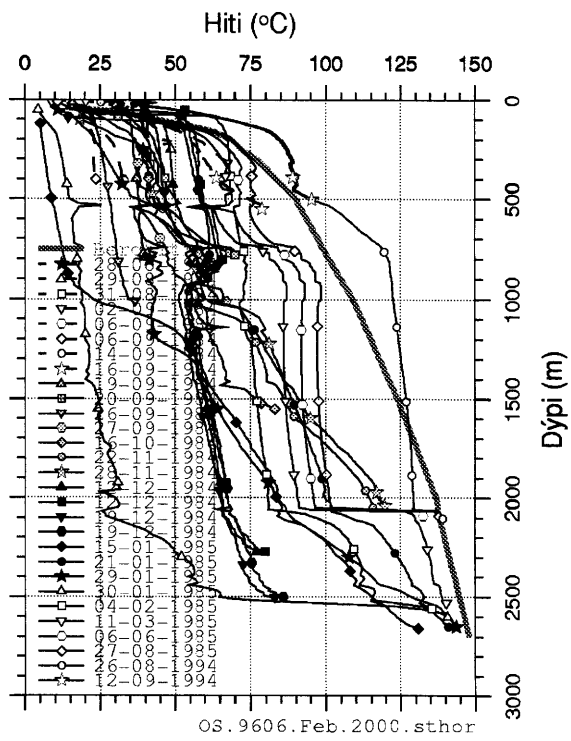
Mynd 135. Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-03 við Seftjörn.



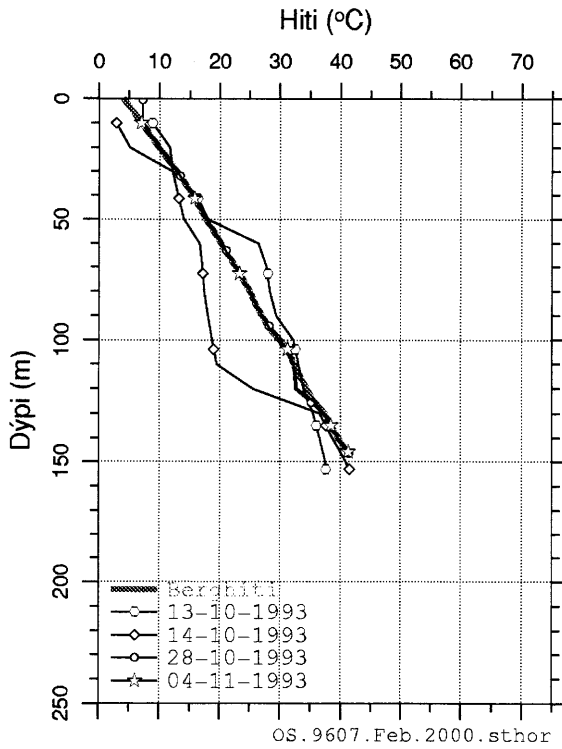
Mynd 136. Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-04 við Bygggarða.



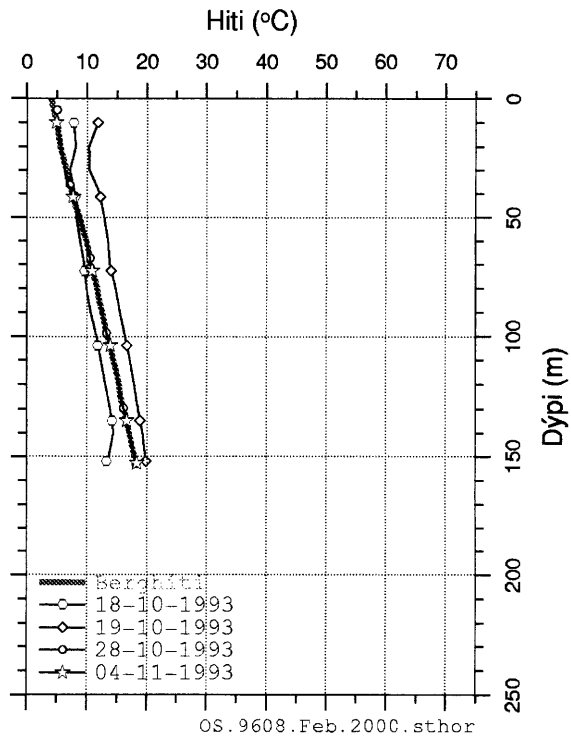
Mynd 137. Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-05 við Bygggarða.



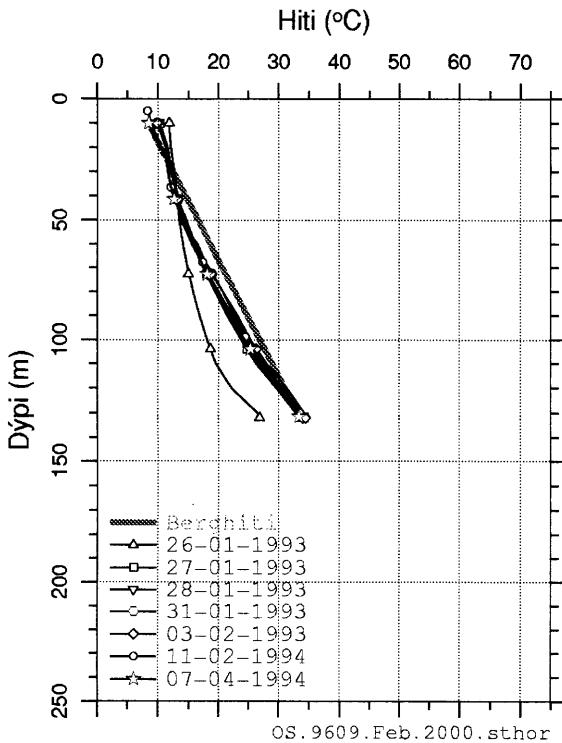
Mynd 138. Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-06 við Nýjabæ.



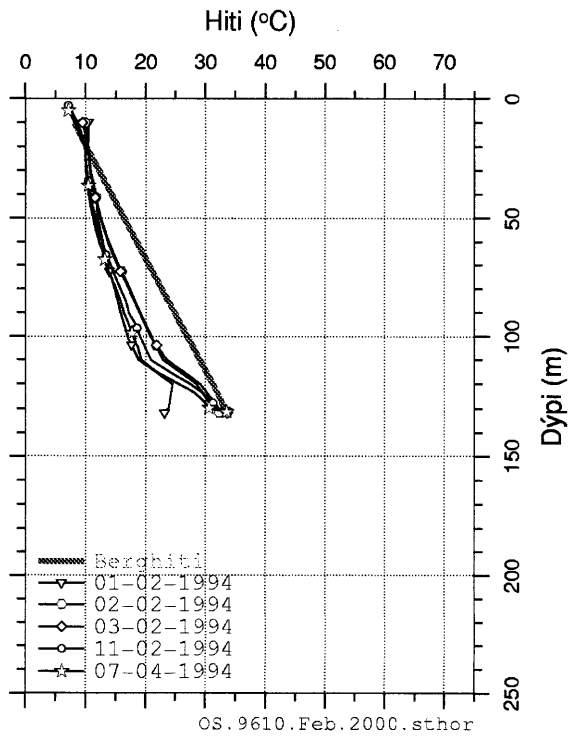
Mynd 139. Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-07 við Ráðagerði.



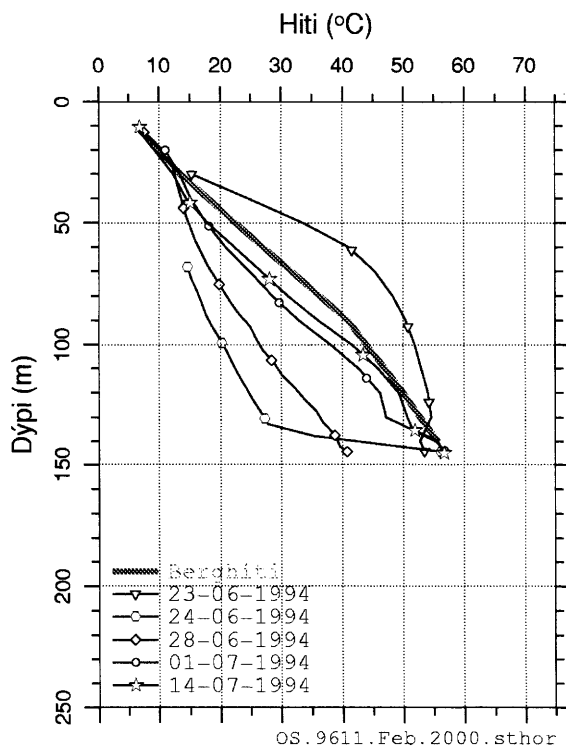
Mynd 140. Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-08 á Nesi.



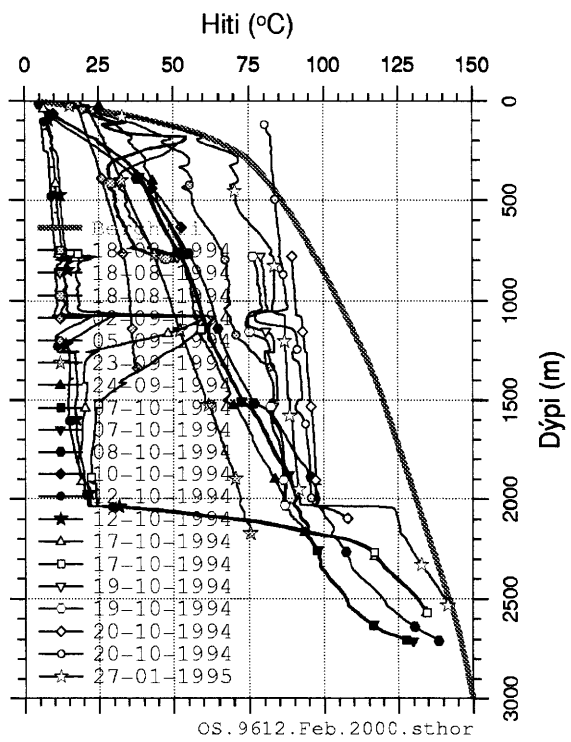
Mynd 141. Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-09 á Bakka.



Mynd 142. Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-10 á Bakka.



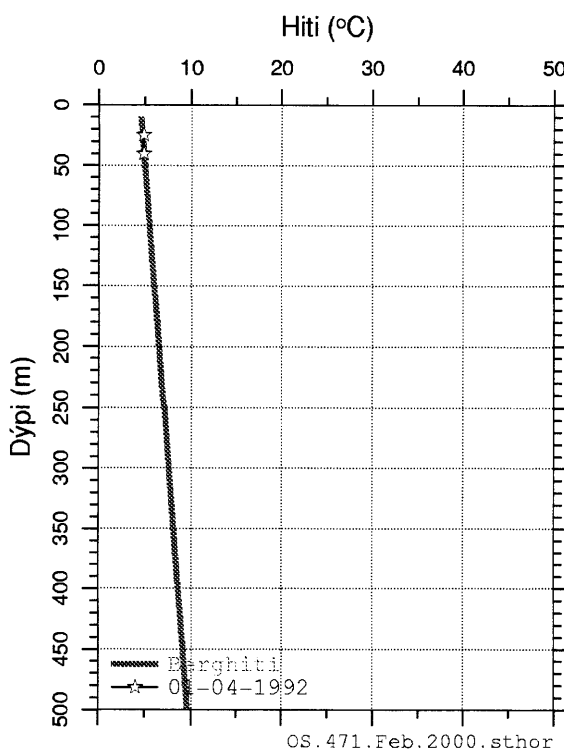
**Mynd 143.** Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-11 við Ráðagerði.



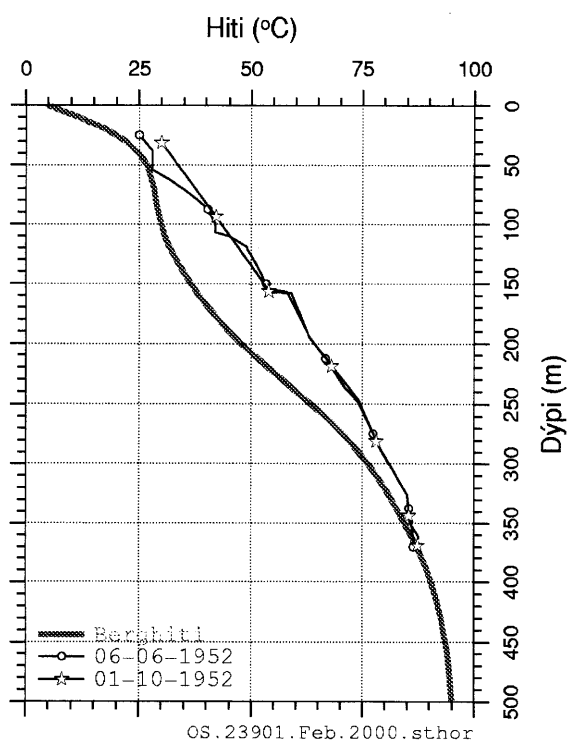
**Mynd 144.** Hitamælingar og berghitaferill í holu SN-12 við Ráðagerði.

## VIÐAUKI 5. BERGHITAFERLAR Í HOLUM Í NÁGRENNI REYKJAVÍKUR

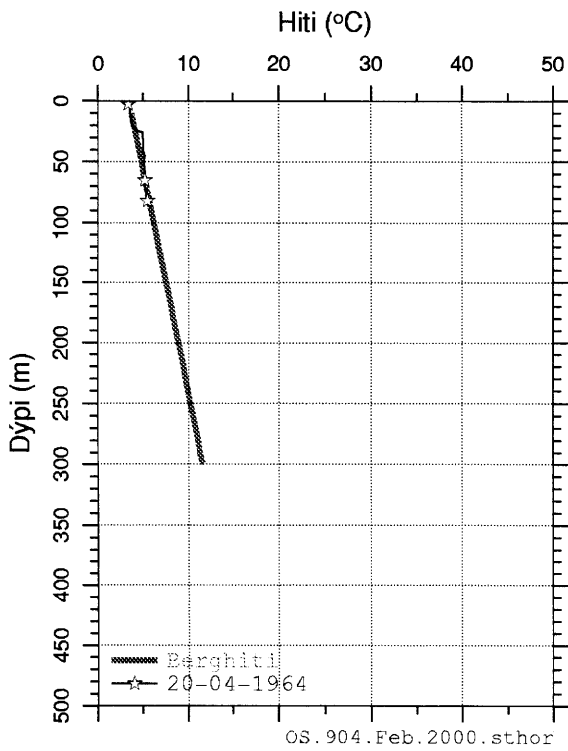
Í þessum viðauka eru sýndar hitamælingar og berghitaferlar í holum í nágrenni Reykjavíkur sem notaðar voru í úrvinnslunni. Um er að ræða 18 holur, en upplýsingar um staðsetningar þeirra má finna í töflu 7 og einnig á mynd 2.



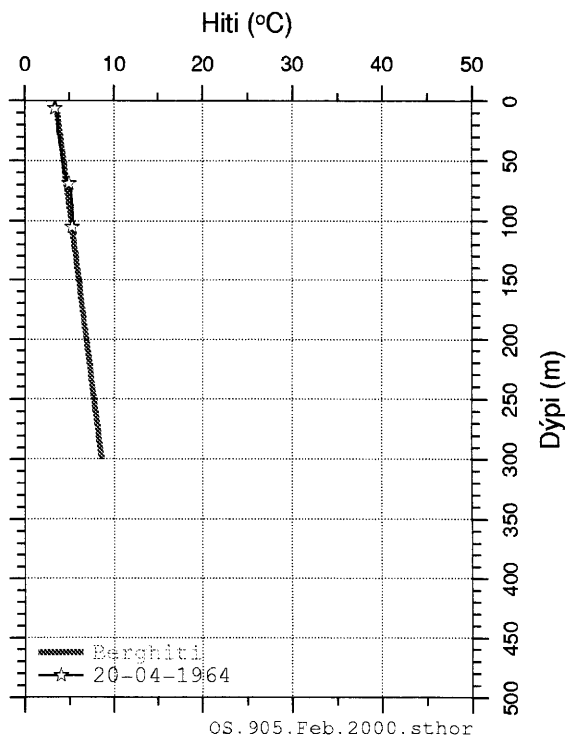
**Mynd 145.** Hitamælingar og berghitaferill í holu AB-01 á Bæjarhálsi.



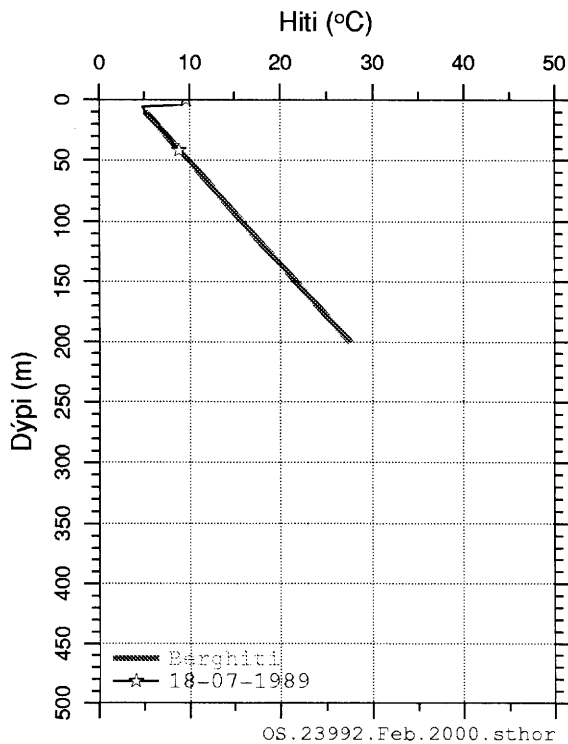
**Mynd 146.** Hitamælingar og berghitaferill í holu AN-01 á Álfsnesi.



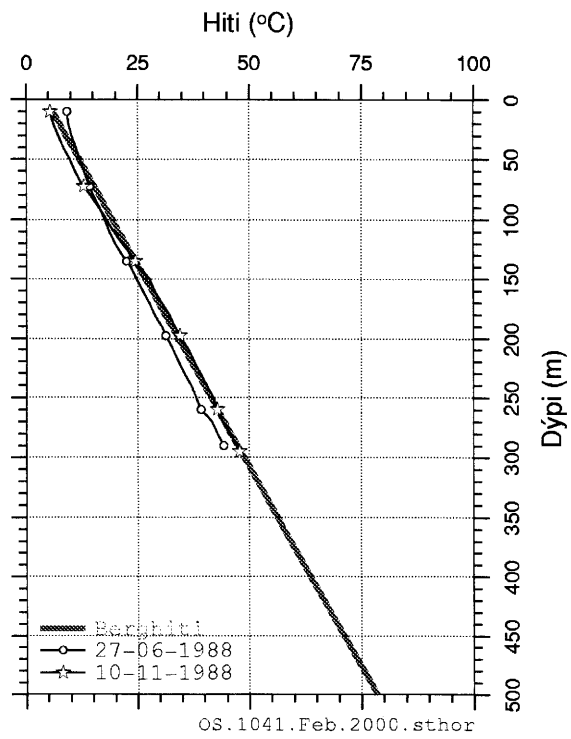
**Mynd 147.** Hitamælingar og berghitaferill í holu BA-04 við Bullaugu.



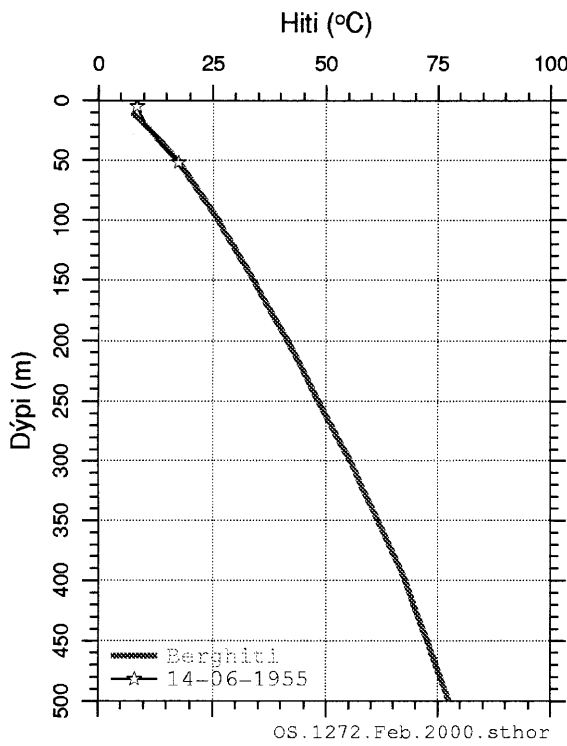
**Mynd 148.** Hitamælingar og berghitaferill í holu BA-05 við Bullaugu.



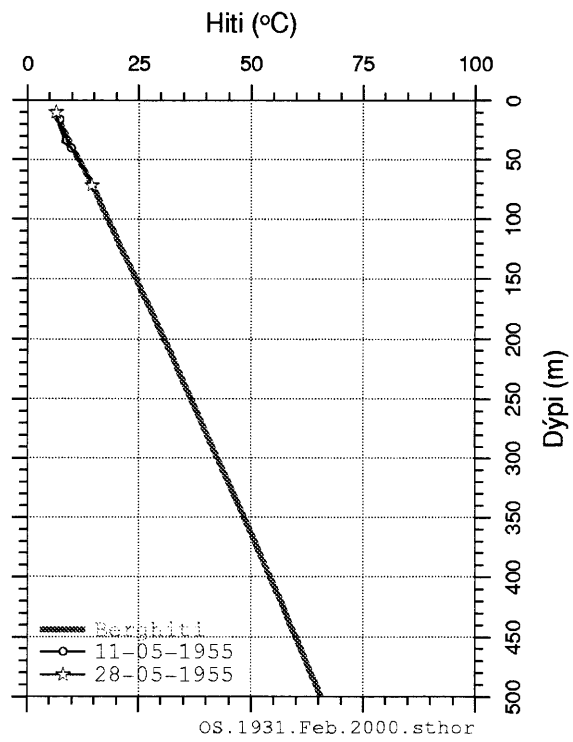
**Mynd 149.** Hitamælingar og berghitaferill í holu EB-02 við Esjuberg (Klif).



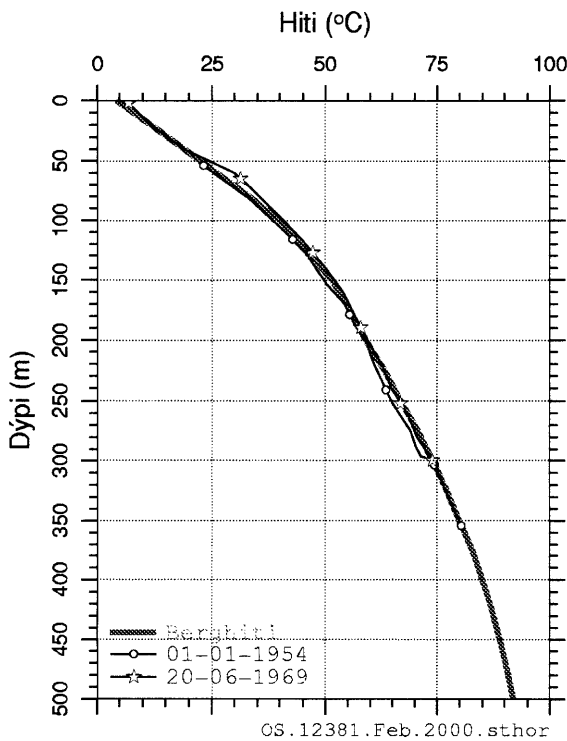
**Mynd 150.** Hitamælingar og berghitaferill í holu EG-01 við Eiði.



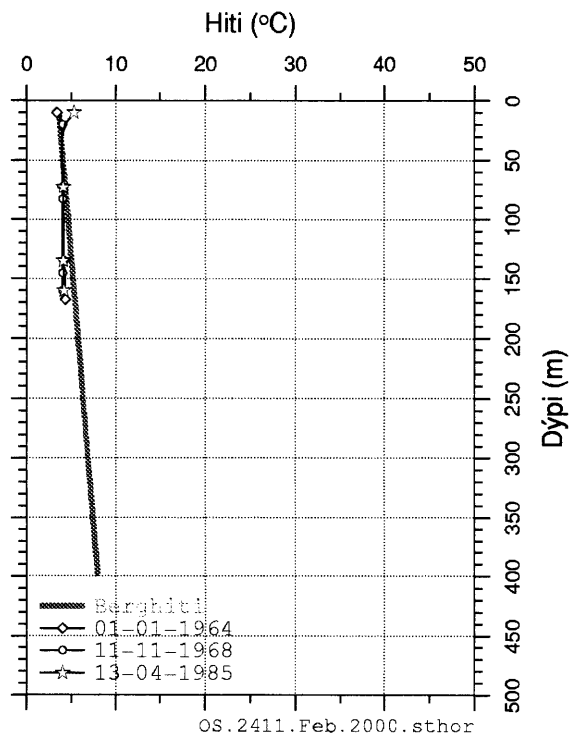
Mynd 151. Hitamælingar og berghitaferill í holu FV-01 á Bústaðahálsi.



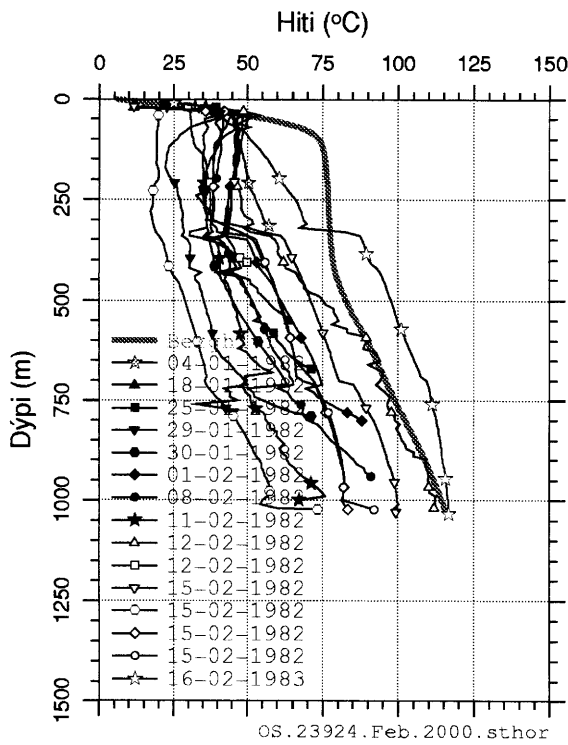
Mynd 152. Hitamælingar og berghitaferill í holu HL-01 við Hálogaland.



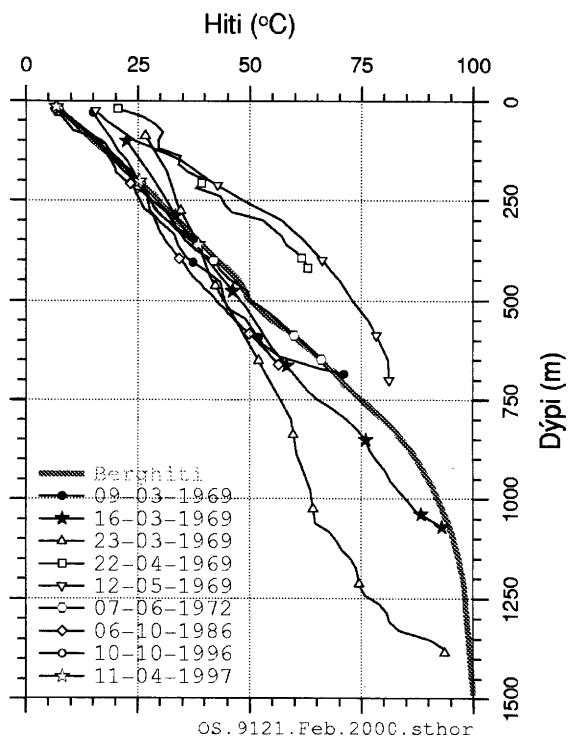
Mynd 153. Hitamælingar og berghitaferill í holu HT-01 á Hliðstanga.



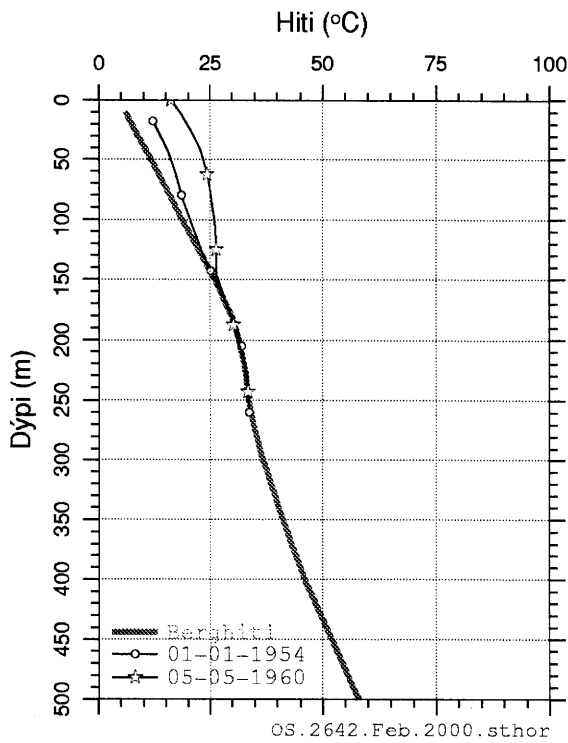
Mynd 154. Hitamælingar og berghitaferill í holu HU-01 í Víðidal.



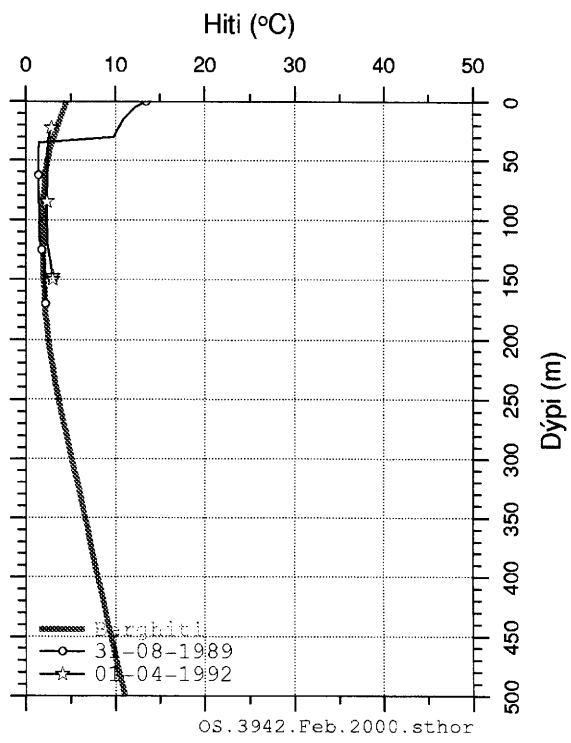
Mynd 155. Hitamælingar og berghitaferill í holu KF-04 við Kollafjörð.



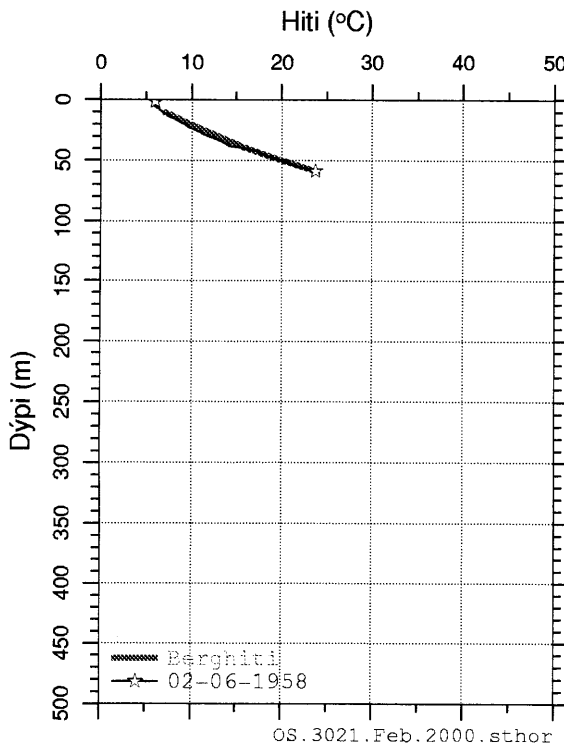
Mynd 156. Hitamælingar og berghitaferill í holu KS-01 við Smiðjuveg.



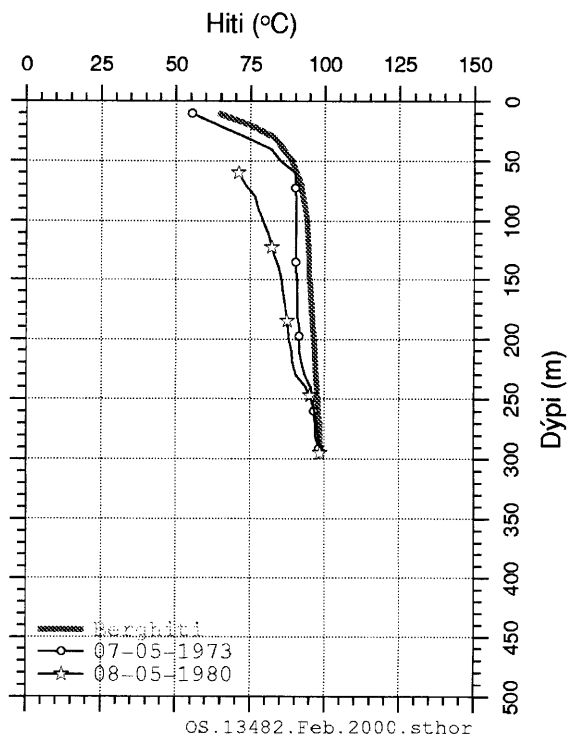
Mynd 157. Hitamælingar og berghitaferill í holu KU-01 á Korpúlfsstöðum.



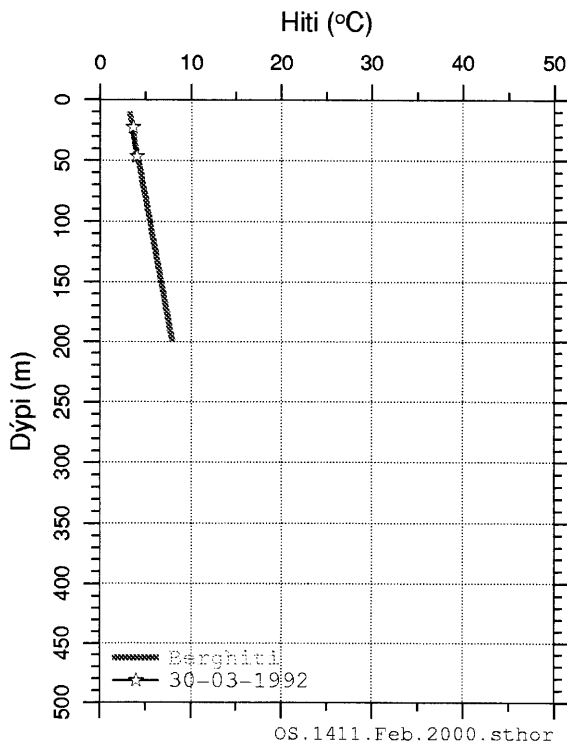
Mynd 158. Hitamælingar og berghitaferill í holu MD-02 í Miðmundadal.



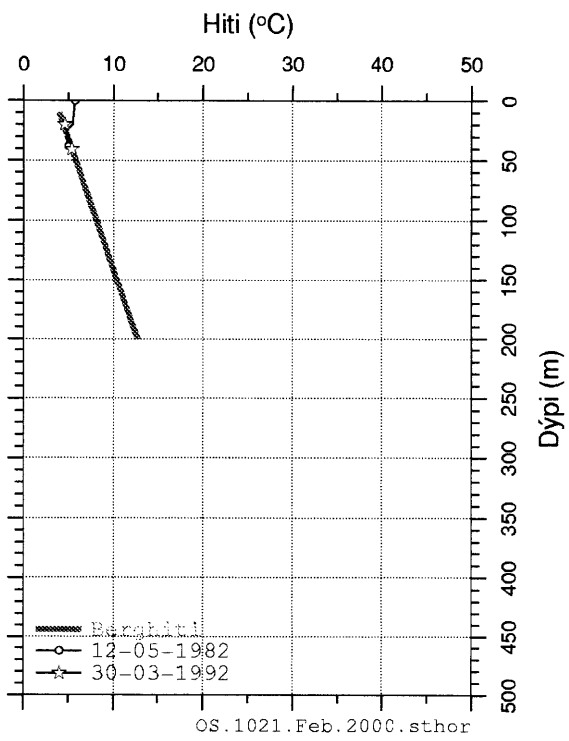
Mynd 159. Hitamælingar og berghitaferill í holu MM-01 við Bústaðaháls.



Mynd 160. Hitamælingar og berghitaferill í holu RL-02 (B) við Reykjaland.



Mynd 161. Hitamælingar og berghitaferill í holu VR82-02 (1) á Grafarheiði.



Mynd 162. Hitamælingar og berghitaferill í holu VR82-03 (1) við Rauðavatn.





## VIÐAUKI 6. ÍTARUPPLÝSINGAR UM BORHOLUR Á HÖFUÐ-BORGARSVÆÐINU

Á næstu síðum eru töflur þar sem ýmsar upplýsingar um þær borholur sem hér eru notaðar eru tífundaðar. Svipaðar upplýsingar um holur í Mosfellsbæ og nágrenni er að finna í skýrslu Gríms Björnssonar og Benedikts Steingrímssonar (1995).

Töflurnar er sóttar í Oracle gagnasafn Orkustofnunar með skipunum á forminu:

```
select stadur,stadarnafn,stadarlysing,svaedisnafn,fra,dypi,x,y,z,gaedihnita from  
bhm.allt_um_borholu where stadur between 5001 and 5042 order by stadarnafn
```

Hnit eru gefin upp í Lambert-kerfi, og hnattstaða miðar við Hjörsey 1955. Gæði hnita (G h í töflum) í flokki A þýða að staðsetningarskekkja er innan við 1 m, en í flokki C er hún minni en 50 m, í flokki L er hún minni en 100 m, en í flokki X er hún óviss.

**Tafla 3. Ítarupplýsingar um R-holur.**

Staðar númer	Hola	Staðarlýsing	Lýsing, frh.	Borun hófst	Dýpi (m)	X-hnit (m)	Y-hnit (m)	Hæð (mys)	G h
5001	R-01		Nóatún-Sigtún	1962-11-24	1067	689827	410492	12	A
5002	R-02		Klambratún	1958-05-30	653	690474	409856	20.9	A
5003	R-03	Brautarholt	Rauðarárholt	1958-11-30	732	690158	410216	27	A
5004	R-04	Hátún 1	Hátún	1959-08-17	2199	689910	410330	15.5	A
5005	R-05	Laugarnesv. 1	Laugarnes	1959-01-17	740	689602	410232	15.1	A
5006	R-06	Klambratún	Langahlíð	1959-02-08	765	690323	409636	27.6	A
5007	R-07	Hátún 3	Hátún	1959-03-07	752	689744	410242	16.9	A
5008	R-08	Sigtún 1	Sigtún	1960-01-06	1397	689456	410393	11.1	A
5009	R-09	Suðurlbr. 1	Rauðarárholt	1962-02-07	862	689788	410095	27.1	A
5010	R-10	Undraland 1	Undraland	1959-06-10	1306	689381	410159	15.9	A
5011	R-11	Suðurlbr. 2	Lækjarhvammur	1962-03-06	929	689349	409915	25.7	A
5012	R-12	Laugarnv. 3	Laugarnes	1962-04-12	1363	689573	410113	17.4	A
5013	R-13	Laugarnv. 2	Laugarnes	1962-06-19	1464	689648	410187	17.1	A
5014	R-14		Fúlatjörn	1962-08-05	1026	689545	410711	4.3	A
5015	R-15	Seljaldev. 1	Lækjarhvammur	1962-09-08	1014	689394	409894	24.7	A
5016	R-16	Hátún 4	Hátún	1962-10-17	1300	689692	410224	16.7	A
5017	R-17	Undraland 2	Undraland	1962-12-13	633	689207	410036	21.6	A
5018	R-18	Sigtún 2	Sigtún	1963-02-08	1442	689648	410436	11.7	A
5019	R-19	Seljaldev.2	Lækjarhvammur	1963-03-13	1239	689417	409792	28	A
5020	R-20	Kringlumbr. 1	Lækjarhvammur	1963-04-23	764	689518	409900	26.1	A
5021	R-21	Laugav. 174	Rauðarárholt	1963-05-24	978	689786	410134	24.7	A
5022	R-22	Kringlumbr. 2	Lækjarhvammur	1963-06-25	1583	689555	409812	30.4	A
5023	R-23	Blesugróf 1	Breiðholt	1967-10-20	1266	686459	407038	26	A
5024	R-24	Ellidárhólmi	Ártún	1967-12-20	1010	687106	407908	0	A
5025	R-25	Blesugróf 2	Breiðholt	1968-04-05	1647	686942	407010	0	A
5026	R-26	Blesugróf 3	Breiðholt	1968-05-31	861	686589	406979	25	A
5027	R-27	Blesugróf 4	Breiðholt	1968-07-05	1450	686174	407075	0	A
5028	R-28	Blesugróf 5	Breiðholt	1968-08-27	1576	686797	406831	0	A
5029	R-29	Blgr,Hraunpr.	Breiðholt	1969-04-02	1077	686472	406846	42	A
5030	R-30	Blgr,Dalbær	Breiðholt	1969-05-06	1316	686487	406993	27	A
5031	R-31	Stekkjarbakki	Breiðholt	1969-06-06	1615	686567	406797	41	A
5032	R-32	Dvergshöfði	Ártúnshöfði	1969-07-16	1359	685581	408333	42	A
5033	R-33	Smálönd	Gröf	1971-03-01	1560	684298	407908	43	A
5034	R-34	Skípholt	Rauðarárholt	1978-05-26	3085	689855	409974	0	A
5035	R-35	Undraland 3	Undraland	1979-01-10	2857	689325	410044	0	A
5036	R-36	Blesugróf 6	Breiðholt	1980-02-25	2312	686259	406893	51.3	A
5037	R-37	Sunnan við Kermóafoss	Breiðholt	1981-01-08	2155	686368	407017	35.3	A
5038	R-38	Hátún 6B	Hátún	1981-12-03	1488	689774	410242	0	A
5039	R-39	Blesugróf, Vindaheimar	Breiðholt	1983-11-18	2100	686563	406877	0	A
5040	R-40	Þvottal.mýri	Laugardalur	1984-02-03	2191	688564	410110	12.1	A
5041	R-41	V.Rafst.veg	Árbær	1984-03-27	1605	686303	407327	43.9	A
5042	R-42	Korpuós	Korpuósstaðir	1985-02-07	1293	682274	412298	9.3	C

**Tafla 4. Ítarupplýsingar um H-holur.**

Staðar númer	Hola	Staðarlýsing	Lýsing, frh.	Borun hófst	Dýpi (m)	X-hnit (m)	Y-hnit (m)	Hæð (mys)	G h
6001	H-01	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1928-06-28	20				
6002	H-02	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1928-07-12	96.1				
6003	H-03	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1928-10-02	140.5				
6004	H-04	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1928-12-02	47.6			10	
6005	H-05	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1928-12-27	246.3			10.9	
6006	H-06	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1929-03-07	133.4				
6007	H-07	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1929-04-08	114.7	688465	410172	11.27	A
6008	H-08	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1929-04-28	169.2	688461	410163	11.01	A
6009	H-09	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1929-06-13	176.5	688468	410185	10.99	A
6010	H-10	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1929-07-18	220.3				
6011	H-11	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1929-11-07	57.9				
6012	H-12	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1929-12-07	70.8				
6013	H-13A	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1930-01-09	10.1				
6014	H-14	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1930-02-19	84.9				
6015	H-15	Þvottalaugarnar	Laugardalur	1940-06-11	655.6	688511	410233	10.27	A
6016	H-16	Rauðará	Rauðará	1942-07-30	769.6	690334	410517	12.4	A
6017	H-17	Héðinshöfði	Rauðará	1943-11-11	196.7	684577	408471	46	A
6017	H-17	Héðinshöfði	Rauðará	1955-03-03	271.9	684577	408471	46	A
6018	H-18	Bílastæði	Laugardalur	1954-09-13	696.6	688845	410616	8.4	A
6019	H-19	Héðinshöfði	Rauðará	1955-12-04	471.5	690008	410715	10.2	A
6020	H-20		Breiðholt	1955-10-19	384.5	687383	405777	0	A
6021	H-21	Holtavegur	Laugardalur	1956-05-24	287.4	688176	409653	15.8	A
6022	H-22	Nauthólsvík	Hjá Nauthólsvík	1956-11-12	259.5	691322	408046	0	A
6023	H-23	Steintún	Rauðará	1956-12-01	339.7	690117	410675	9.9	A
6024	H-24	Sjávarmegin við Borgartún	Fúlatjörn	1957-01-02	392	689484	410696	5.1	A
6025	H-25	Sigtún	Sigtún	1957-10-11	501.4	689326	410288	14.6	A
6026	H-26	Þvottalauga-blettur	Laugardalur	1957-12-26	332.1	688851	410185	13.7	A
6027	H-27		Hátún	1958-02-07	403	690100	410434	14.9	A
6028	H-28	Rauðarárstígur	Rauðará	1959-01-02	575.4	690515	410233	13.5	A
6029	H-29	Skógarhlíð 8	Skógarhlíð 8	1959-01-17	248.6	690825	409470	19.8	A
6030	H-30	Skúlatún	Skúlatún	1959-04-21	381.6	690179	410517	13.5	A
6031	H-31	Laugavegur 92	Skólavörðuholtið	1959-12-28	368.6	690678	410414	16.3	A
6032	H-32	Grensás - Miklabraut	Grensás	1960-09-06	606.2	688686	408830	33.3	A
6033	H-33	Borgartún	Borgartún	1960-09-01	435.1	689755	410692	7.2	A
6034	H-34		Laugarnes	1960-09-05	399.1	689114	411374	7	A
6035	H-35	Breiðholtsmýri-Bakkakot	Breiðholt	1932-02-06	193.5	687116	406938	34.59	A
6036	H-36	Austan Sæbrautar	Kleppur	1962-01-02	285.6	687304	409264	20	A
6037	H-37	Rauðhólar Leitahrauni	í Hólmur	1962-01-01	221.3				
6038	H-38	Austan Langholti	í Ártún	1962-09-24	326.3	686899	407825	15.2	A
6039	H-39	Skyggfir Ellidavatn	við Vatnsendi	1963-06-06	332.7	684818	404725	77	A
6040	H-40		Gufunes	1964-05-27	251.1	685850	410940	3	A
6041	H-41	Árbæjarstífla	Árbær	1961-11-21	272.5	685916	407093	48	A
6042	H-42	Árbæjarsafn	Árbæjarhverfi	1978-05-01	0				

Tafla 5. Ítarupplýsingar um HS-holur.

Staðar númer	Hola	Staðarlýsing	Lýsing, frh.	Borun hófst	Dýpi (m)	X-hnit (m)	Y-hnit (m)	Hæð (mys)	G h
403	HS-03		Ánanaust	1967-01-23	99.3	692458	411439	0	C
1291	HS-04		Garðar við Ægissíðu	1967-02-06	101	692880	409788	0	C
12332	HS-05		Bjarnastaðir	1964-05-27	100.5	696628	406015	0	C
12301	HS-06		Akrakot á Álftanesi	1967-04-07	100	695315	407630	0	C
11431	HS-07		Víðistaðir	1967-03-02	102	693308	402990	0	C
10881	HS-08	Hvaleyrarbr. 32	Hvaleyri	1964-06-04	85.5	694419	401374	0	C
11391	HS-09	Svínholt	Svínholt	1964-04-24	60.2	691678	400654	0	C
10142	HS-10	Goðatún 4-6	Silfurtún	1967-03-21	203.1	691384	404602	0	C
9070	HS-11	Á eystribakka Kópavogslækjar	Fífuhvammur	1967-02-22	100.4	690114	406034	0	C
9071	HS-12	Leirdalur	Leirdalur	1964-01-01	30.1	688113	404212	63.9	C
9071	HS-12	Leirdalur	Leirdalur	1967-10-17	100.8	688113	404212	63.9	C
9101	HS-13	Nýbýlavegur	Digranes	1968-01-19	106.7	688690	406949	0	C
3921	HS-14	Lambhagamelar	Úlfarsfell	1984-03-22	250.2	681913	410034	0	A
12971	HS-15	Hestaþingshóll	Varmá	1984-03-28	154.6	680159	413526	2	A
2652	HS-16	Korpuós	Korpúlfsstaðir	1984-03-30	147.5	682183	412234	0	A
1421	HS-17	Grafarvogur	Gröf	1984-04-05	284.5	684577	408471	0	A
2643	HS-18		Korpúlfsstaðir	1984-05-02	154.6	682803	410794	0	A
2572	HS-19		Keldur	1984-05-04	203.9	683331	409996	0	A
1841	HS-20	Gufunesmelar	Gufunes	1984-05-09	154.6	684326	410835	0	A
12842	HS-21		Blikastaðir	1984-05-14	154.6	681752	411659	0	A
9001	HS-22		Digranes	1984-05-25	302.4	688305	406192	0	A
4221	HS-23	Litla-Öskjuhlíð	Bústaðaháls	1992-08-12	316.5	690265	408798	60.256	A
12972	HS-24		Skammidalur	1992-08-17	230.6	676654	412319	105.74	A
1842	HS-25	Geldinganes	Gufunes	1992-08-20	104.5	684582	412744	33.458	A
12981	HS-26	Við Vatnsvík hjá Hafravatni	Þormóðsdalur	1992-08-25	378.1	678329	409066	78.07	A
12982	HS-27	Búrfellslína I mastur nr. 13	Þormóðsdalur	1992-09-01	451.5	676884	407690	114.38	A
23900	HS-28	Glóruholt	Álfsnes á Kjalarnesi	1992-09-11	255.5	682217	414507	24.07	A
23291	HS-29	Svilaklöpp við Leirvogsa	Norðurgrof á Kjalarnesi	1992-09-17	104.4	676236	416530	61.08	C
23906	HS-30	Háheiði	Álfsnes á Kjalarnesi	1992-09-21	153.1	680943	415790	43.18	A
4020	HS-31	Vatnagarðar	Kleppur	1993-03-08	379.8	688036	411057	5.45	A
12983	HS-32	Hulduhóll	Þormóðsdalur	1993-04-13	408	674582	407487	181.11	A
1843	HS-33	Geldinganes	Gufunes	1993-05-12	345.7	685492	412824	35.383	A
14091	HS-34	Uxamýri	Reykjahvoll	1993-05-18	200	678104	410369	76.45	A
13931	HS-35	Skarhólamýri	Lágafell	1993-06-18	220	679745	411267	93.94	A
13931	HS-35	Skarhólamýri	Lágafell	1994-05-18	446.7	679745	411267	93.94	A
4222	HS-36	Hjá Nauthólsvík	Hjá Nauthólsvík	1993-10-18	989.7	691039	408089	14.939	A
14092	HS-37		Helgafell	1993-12-01	446	678471	412767	71.26	A
14093	HS-38	Mosfellsdalur	Hrísbrú	1993-12-07	64	676592	414412	67.02	A
12984	HS-39	Nálægt Skyggni	Sólvellir	1994-01-04	250.7	679344	410152	104.06	A
4172	HS-40	Örfirisey	Örfirisey	1994-01-17	348.4	691505	412313	3.701	A
14094	HS-41		Reykjahvoll	1994-05-02	370.4	678660	409583	93.34	A
14095	HS-42	Húsadalur	Reykjahvoll	1994-12-02	370	677360.96	410498.31	112.81	A
12973	HS-43	Langitangi	Varmá	1994-12-12	200	681133.75	413231.51	4.73	A
1844	HS-44	Geldinganes	Gufunes	1995-03-21	1265.4	685329.83	412796.84	37.54	A
6051	HS-45	Hvarfsmýri við Vatnsveituveg	Breiðholt	1995-06-12	403.1	685151.92	406451.61	63.03	A
23982	HS-46	Gunnunes	Víðines	1995-10-09	238.9	683088.99	413924.19	11.09	A

**Tafla 5. Frh.**

Staðar númer	Hola	Staðarlýsing	Lýsing, frh.	Borun hófst	Dýpi (m)	X-hnit (m)	Y-hnit (m)	Hæð (mys)	G h
6052	HS-47		Breiðholt	1996-04-15	1010	687609.54	405740.88	47.01	
10241	HS-48		Hofsstaðir	1996-06-21	1000	690414.53	404895.72	15.87	
14096	HS-49	Akrar	Reykjahvoll	1997-05-14	1005	678669.1	410029.85	99.55	
12974	HS-50		Leirvogstunga	1997-11-11	801				
13116	HS-51		Minna-Mosfell	1999-02-01	846				
1845	HS-52	Geldinganes	Gufunes	1998-11-23	125				
1846	HS-53	Geldinganes	Gufunes	1998-11-26	125				
1847	HS-54	Geldinganes	Gufunes	1998-12-02	125				
1848	HS-55	Geldinganes	Gufunes	1998-12-04	105				
1849	HS-56	Geldinganes	Gufunes	1998-12-11	105				
1850	HS-57	Geldinganes	Gufunes	1999-01-04	105				
1801	HS-58	Geldinganes	Gufunes	1999-01-06	105				
1802	HS-59	Geldinganes	Gufunes	1999-01-08	98				
1803	HS-60	Geldinganes	Gufunes	1999-01-14	125				
1804	HS-61	Geldinganes	Gufunes	1999-01-20	125				
1805	HS-62	Geldinganes	Gufunes	1999-01-22	125				
1806	HS-63	Geldinganes	Gufunes	1999-02-22	120				
1807	HS-64	Geldinganes	Gufunes	1999-02-25	90				

**Tafla 6. Ítarupplýsingar um holur á Seltjarnarnesi.**

Staðar númer	Hola	Staðarlýsing	Lýsing, frh.	Borun hófst	Dýpi (m)	X-hnit (m)	Y-hnit (m)	Hæð (mys)	G h
9601	SN-01	Áður HS-01	Bakki á Seltj.nesi	1965-01-04	98	694736.79	411543.57	6.028	X
9601	SN-01	Áður HS-01	Bakki á Seltj.nesi	1967-03-15	1282.6	694736.79	411543.57	6.028	X
9602	SN-02	Áður HS-02	Bygggarður á Seltj.	1965-02-11	80.7	694787.39	412698.57	6.082	X
9602	SN-02	Áður HS-02	Bygggarður á Seltj.	1965-05-06	311.2	694787.39	412698.57	6.082	X
9602	SN-02	Áður HS-02	Bygggarður á Seltj.	1966-04-29	856.3	694787.39	412698.57	6.082	X
9603	SN-03	Hjá Seftjörn, Nesbali	Nes á Seltjarnarnesi	1969-11-01	1715	694884.96	411975.23	5.8	X
9604	SN-04		Bygggarður á Seltj.	1972-02-21	2025	694879.13	412629.27	5	X
9605	SN-05		Bygggarður á Seltj.	1980-12-02	24	694767.95	412592.86	5	X
9605	SN-05		Bygggarður á Seltj.	1981-03-25	2207	694767.95	412592.86	5	X
9606	SN-06		Nýibær á Seltj.nesi	1984-03-07	46	694954.07	412548.21	5	X
9606	SN-06		Nýibær á Seltj.nesi	1984-08-20	2701	694954.07	412548.21	5	X
9607	SN-07	Snoppa	Ráðagerði á Seltj.	1993-10-11	153.5	695233.15	412833.04	4.867	X
9608	SN-08		Nes á Seltjarnarnesi	1993-10-14	153.1	695905.91	411798.99	5.189	X
9609	SN-09		Bakki á Seltj.nesi	1994-01-25	132	694826.4	411792.57	4.937	X
9610	SN-10		Bakki á Seltj.nesi	1994-01-31	132	694631.42	411481.6	6.141	X
9611	SN-11	Norðurtún	Ráðagerði á Seltj.	1994-06-20	144.6	694978.1	412823.76	5.92	X
9612	SN-12	Norðurtún	Ráðagerði á Seltj.	1994-07-07	2714	694971.1	412800.61	5	X

**Tafla 7. Ítarupplýsingar um holur í nágrenni Reykjavíkur.**

Staðar númer	Hola	Staðarlýsing	Lýsing, frh.	Borun hófst	Dýpi (m)	X-hnit (m)	Y-hnit (m)	Hæð (mys)	G h
471	AB-01	Bæjarháls Suðurlandsvegur	Árbær	1983-06-06	41	684346	406991	81.3	C
23901	AN-01		Álfsnes á Kjalarnesi	1951-10-09	370	682457	414905	2	C
904	BA-04	Bullaugu	Gröf	1963-03-21	81.4	683412	407287	63	C
905	BA-05	Bullaugu	Gröf	1963-04-10	105.6	683307	407298	63	C
23992	EB-02	Klif	Esjuberg á Kjalarnesi	1989-06-01	42.6	681988	417225	48	C
1041	EG-01		Eiði hjá Geldinganesi	1988-06-21	303.8	684744	411537	6	C
1272	FV-01	Fossvogsblettur	Bústaðaháls	1955-05-24	52.2	690066	408183	0	C
1931	HL-01	Hálogaland	Hálogaland	1941-08-01	40	687856	409278	48	C
1931	HL-01	Hálogaland	Hálogaland	1955-05-17	72	687856	409278	48	C
12381	HT-01	Hliðstangi	Hlið	1943-05-25	372.4	697115	405496	0	C
2411	HU-01	Víðidalur	Hraunbrún	1963-02-10	164.6	684907	406118	74	C
23924	KF-04		Kollafjörður	1978-01-17	24.7	679379	416908	30	C
23924	KF-04		Kollafjörður	1981-11-17	1031	679379	416908	30	C
9121	KS-01	Smiðjuvegur - Álfabrekkur	Digranes	1969-01-29	1504	687517	406917	0	C
2642	KU-01		Korpúlfsstaðir	1949-09-01	271.7	683105	410996	32	C
3942	MD-02	Miðmundadalur	Miðmundadalur	1989-08-02	171.8	681497	406821	130	C
3021	MM-01	Mjóamýri	Bústaðaháls	1958-05-19	60	689381	408433	0	C
13482	RL-02 (B)	Reykjalundur	Suður-Reykir		291	678108	411990	60	C
1411	VR82-02 (1)	Grafarheiði	Gröf	1982-01-29	50	683919	406951	82	C
1021	VR82-03 (1)	Eggjar við Rauðavatn	Gröf	1982-02-03	40	684000	406548	81.6	C

## **VIÐAUKI 7. ENSK SAMANTEKT (ENGLISH SUMMARY)**

Hér á eftir er birt ráðstefnugrein sem er samantekt úr skýrslunni hér að framan. Samantektin var flutt í janúar 2000 á jarðhitaráðstefnunni sem kennd er við Stanford í Kaliforníu og haldin er árlega (25. Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, 24.–26. January 2000, Stanford, USA). Erindið flutti Grímur Björnsson.



## TEMPERATURE DISTRIBUTION AND CONCEPTUAL RESERVOIR MODEL FOR GEOTHERMAL FIELDS IN AND AROUND THE CITY OF REYKJAVÍK, ICELAND

Grímur Björnsson, Sigvaldi Thordarson and Benedikt Steingrímsson

Orkustofnun  
Grensásvegur 9  
108 Reykjavík, Iceland  
grb@os.is, sthor@os.is, bs@os.is

### **ABSTRACT**

A 70-year history of continuous hot water production from low temperature fields within and around the city of Reykjavík, has resulted in a vast database of downhole temperature data. Systematic analysis of this database, containing around 200 deep wells, which yield 30-50 million tons of hot water annually, provides valuable information on the subsurface temperature distribution in an area covering some 500 km<sup>2</sup>. A dominant feature is vertical fracture permeability and fluid convection, where the fracture strike is between N and NE. The fracturing is associated with an active fissure swarm of the Krýsuvík volcanic center in the south. Temperatures of the fracture systems range 20°C to 140°C, depending on recharge mechanism and length/depth of the convection cells. The same fracture system may thus have two separate inflows, consisting of a hot recharge, coming from the north and rising to shallow depths, and deep and cold underlying recharge coming from the south. Hot springs are commonly found on surface above such mixing areas. It appears that maximum depth of vertical convection cells increases with distance from the mountain Esja, from 600 to more than 2500 m. Two of the fractured geothermal reservoir systems extend laterally over 15-20 km distance.

### **INTRODUCTION**

The city of Reykjavik has a long and successful history of geothermal utilization. Drilling operations were initiated in 1928, and two years later the Reykjavik District Heating Company was established (now Orkuveita Reykjavíkur). At present all houses within and around the city of Reykjavík are geothermally heated, mostly with direct pumping of 80 to 130°C water from deep wells. The annual production in 1998 cumulated to 50 million cubic meters, which, assuming discharge water temperature of 40°C, is equivalent to 330 MW<sub>t</sub>. Maximum generating capacity of the low temperature resources presently utilized is estimated 490 MW<sub>t</sub>. In addition, Orkuveita Reykjavíkur operates the Nesjavellir high

temperature, co-generation power plant. Its production is at present 60 MW<sub>e</sub> and 150 MW<sub>t</sub> (Gunnarsson et al., 1992).

As a part of reservoir management strategy, Orkuveita Reykjavíkur contracted Orkustofnun in 1992 to carry out a detailed analysis of formation temperatures in all wells within and around the city limits. Based on this analysis a conceptual model of the geothermal reservoirs involved should be defined. The project work was carried out in several phases and intermediate reports submitted during the process (Grímur Björnsson and Benedikt Steingrímsson, 1995). A final report is now in publication and the present paper is a summary thereof (Grímur Björnsson et al., 1999).

In the following, the database behind the study is introduced briefly. Formation temperature profiles in the productive reservoirs are shown and discussed in terms of heat transport mechanisms. Temperature distributions at few depths and in cross sections are presented. Special attention is drawn to vertical fluid convection in fractures and possible correlation to the vertical stress. Finally, a conceptual reservoir model is put forward for the whole Reykjavík area.

We feel that the study material may be of interest to the international geothermal community, due to the large volume of data available and due to the strong influence of fracture flow observed. The numerous publications used for the study are mostly published in our less than easily learned Icelandic. These are therefore not cited in the reference list unless an English abstract is available.

Figure 1 shows the area covered, location of wells and temperature cross sections. Two geothermal fields are within the city limits of Reykjavik, Laugarnes and Elliðaár and one, the Reykir system, is located to the NE of Reykjavik. All are operated by Orkuveita Reykjavíkur. Also in production is the Seltjarnarnes field, operated by the local community.

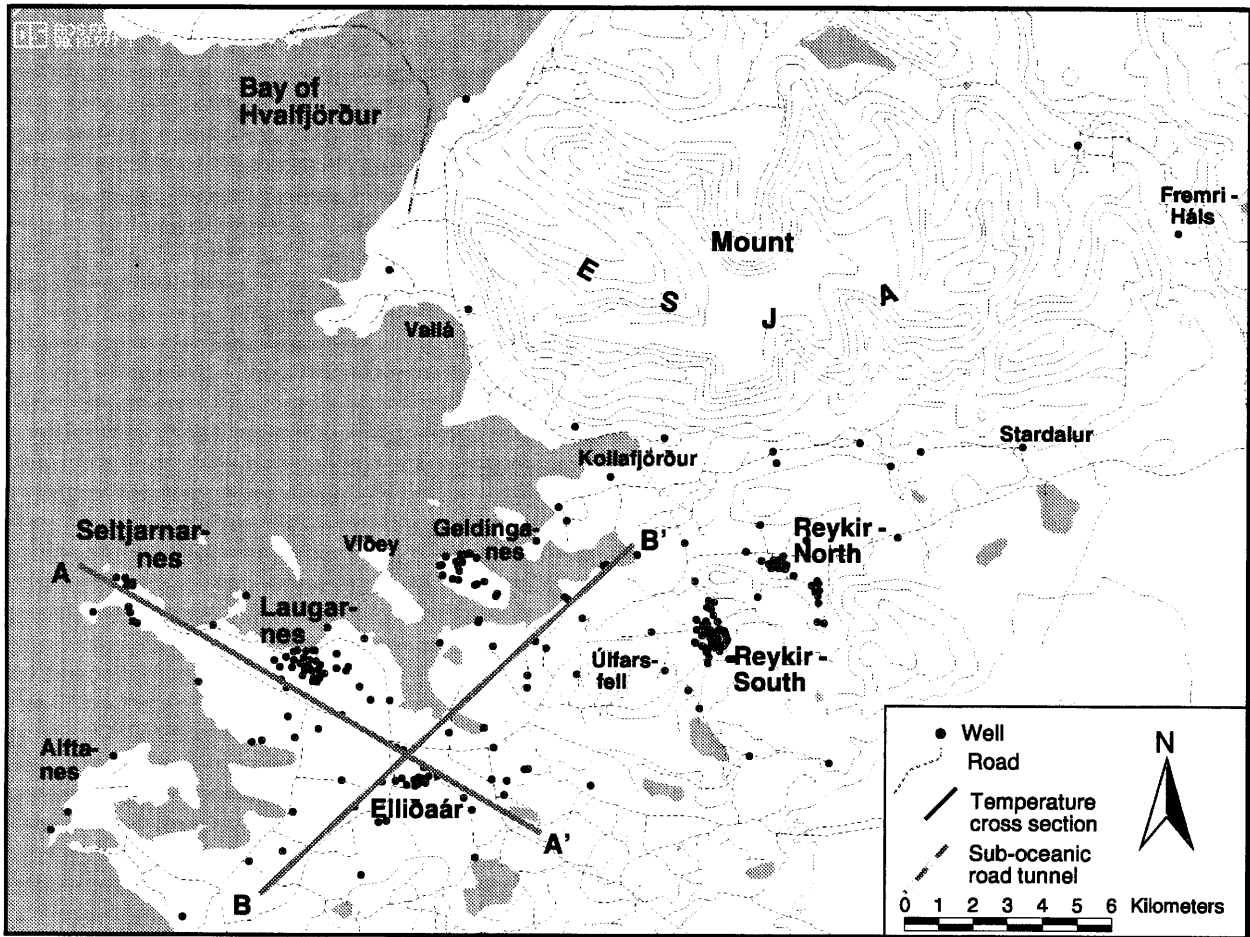


Figure 1: Location of wells and geothermal fields in and around the city of Reykjavik. Also shown is the location of temperature cross sections. Elevation contours are 100 meters apart.

#### DATA SOURCES AND PROCESSING

In the present study, around 1500 downhole temperature profiles in some 200 geothermal wells are considered. These data are stored and can be easily retrieved from an Oracle relational database of Orkustofnun. The oldest measurements were collected in 1929 and the most recent one in December 1999. The 200 wells analyzed cumulate to 200 km of drilled distance and the sum of all the temperature logs amounts to approximately 1500 km. This means that the average well has only been logged 7 to 8 times, mostly in connection with drilling operations. Later in the history of an average well, submersible pump have been installed and operated without interruption for tens of years, underlining the quality of the produced fluid and reliability of the resource. This means that stable well temperatures are exceptional at the time of measurement.

In addition to the downhole logs, drilling reports and production histories of most wells were available for the study. Precise geographical coordinates for most of the wells had, or were, specially measured. Several maps belonging to the ArcInfo geographical information system of Orkustofnun and the city of Reykjavik proved to be

of value, such as location of hot springs, houses and roads.

It would be a topic for a special report to describe the techniques applied in analyzing the temperature profiles collected in a well, and how they resulted in a formation temperature profile. In short, we based the work on drawing several plots of all available logs in a well with different depth and temperature scales. A special effort was made in studying bottom hole temperatures, collected during drilling interruptions, and inflow temperatures at feedzones. Temperature gradients in well sections dominated by internal flow were checked for indicators of stable, rising or reversed formation temperature in that same interval. Temperature data from two or more adjacent wells were in few cases combined to obtain a single formation temperature profile. Finally the temperature of produced fluids were compared with feedzone depths to double-check the suggested formation temperature. At completion, all the formation temperature profiles were stored in our database and accessed from there when drawing temperature maps or cross sections. Such a database turned out to be essential in our work and is strongly recommended.

Note that the authors are all trained well loggers and rely extensively on temperature data in their daily work. This experience has developed into a “feeling” for this reservoir parameter, a feeling which often proved essential when minimal or only badly disturbed downhole data were available for a well.

### **VERTICAL TEMPERATURE DISTRIBUTION**

Figures 2, 3 and 4 show formation temperature profiles within the Laugarnes, Elliðaár and Seltjarnarnes fields. In the former two fields, vertical convection is the dominant mode of heat transport, whereas in the Seltjarnarnes field conductive heat flow appears significant. All the reservoirs are characterized by very high temperature gradients in the uppermost 500 m, a common value is 200 to 450 °C/km. This may indicate the existence of a caprock.

In the Laugarnes reservoir, a 120 to 140°C convection cell resides in the depth interval of 500 to 2200 m (Figure 2). At greater depths the temperature profiles become of the gradient type again (40°C/km) although this value is substantially lower than the regional 80-100 °C/km (Flóvenz and Sæmundsson, 1993). The change in slope at 2200 m in the deepest well is taken as the lower end of the convective geothermal system. The system’s production capacity is estimated as 280 kg/s of 128°C mean fluid temperature.

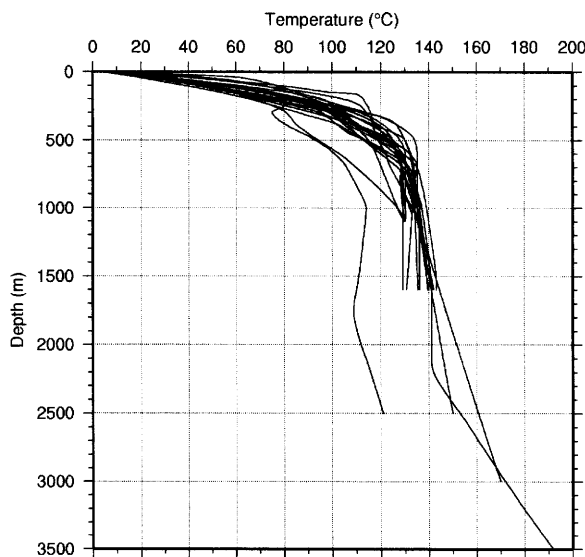


Figure 2: Formation temperature profiles for deeper wells of the Laugarnes system.

The Elliðaár system is characterized by reversed temperatures at depths greater than 1000 m. The 90 to 110°C reservoir temperature is considerable lower than in the Laugarnes field. This system is hosted by a fracture system of both hot and cold recharge, as will be discussed in later sections. Very similar shape and value of the formation temperature is found in the Reykir systems,

indicating that these two reservoirs are of similar nature. Their production capacity is, however, quite different or 220 kg/s at 89°C in Elliðaár and around 1550 kg/s at 87°C for the Reykir systems. Note that the formation temperature is convection shape beyond the depth of 2500 m, which is few hundred of meters deeper than observed in Laugarnes.

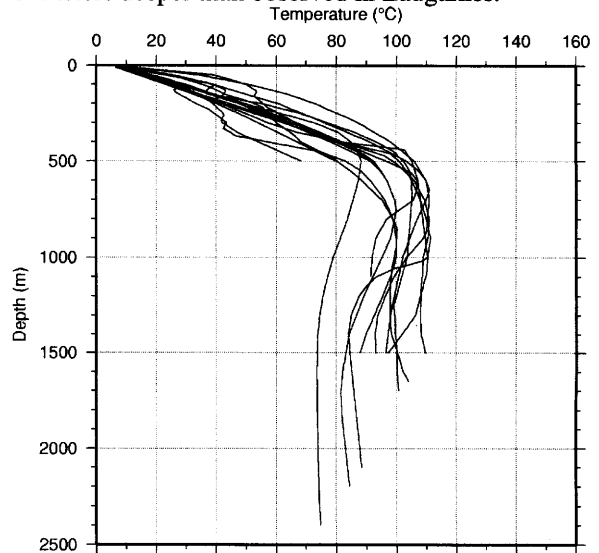


Figure 3: Formation temperature profiles for wells in the Elliðaár field.

Formation temperature profiles of wells in the Seltjarnarnes field are shown on Figure 4. The steep, cap rock like temperature gradient in the uppermost 300 meters, is followed by a 30°C/km gradient, much lower than the regional 80-100°C/km. Convective and conductive heat flow processes may therefore be equally important. Several wells have been stimulated successfully in Seltjarnarnes to obtain the present production capacity of at least 50 l/s, contrary to what might be expected from the gradient looking temperature profiles (Tulinius et.al. 1996). Vertical fracture permeability is most likely less developed here than in the Laugarnes and Elliðaár fields. Orientation and strength of principal rock stresses are, fortunately, optimal to hydrofracture permeable paths from new wells to this semi-passive fracture network.

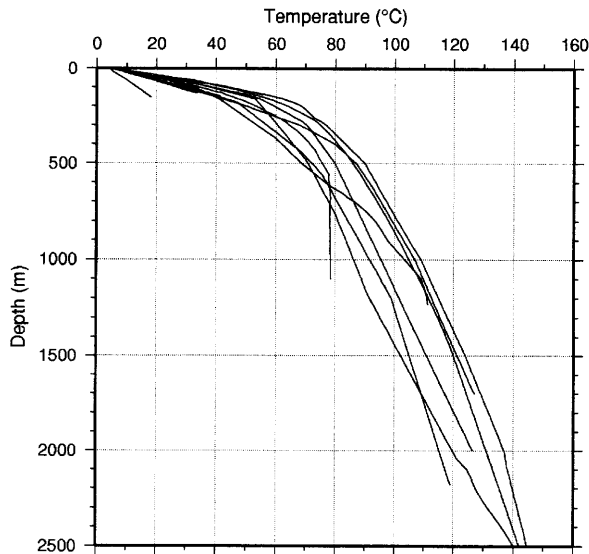


Figure 4: Formation temperature profiles in the Seltjarnarnes geothermal field.

### **TEMPERATURE DISTRIBUTION AT 200 M**

Figure 5 presents a map of temperature distribution at 200 meters under sea level (200 m b.s.l.). It covers the two production fields in Laugarnes and Elliðaár, which are located inside the city limits. The temperature distribution is dominated by vertical discharge of water to the hot springs that were active before pumping was initiated in 1965. Also noticeable is the elongated shape of the Elliðaár anomaly, suggesting vertical fracture permeability. This feature is not as clear in the case of the Laugarnes system, where the upflow looks more of a point source type. A set of parallel fractures might explain the shape of the temperature anomaly, as suggested by bold lines on the figure.

Of particular interest is a NNE striking, colder structure, which separates the two geothermal fields. The shape of the temperature contours also suggests fracture permeability, but this time dominated by cold water recharge. The recharge then comes from south, where an active fissure swarm of the Krýsuvík volcanic center is encountered. It is presumed responsible for the temperature reversal in the Elliðaár and the Reykir fields and may, furthermore, contribute substantially to the present production rates.

The third, fracture dominated upflow zone is found in Geldinganes, shown at the top of Figure 5. No hot springs are visible in this location, the field was actually discovered during an exploration project which consisted of drilling shallow, thermal gradient wells. A 1300 m deep well has proven the existence of a 100-110°C temperature convective system. Note that the cold structure between the Laugarnes and the Elliðaár fields, and the Geldinganes upflow zone, may share the same fracture system.

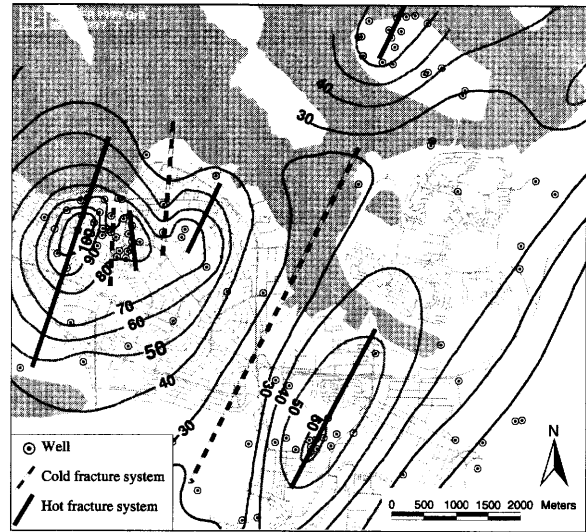


Figure 5: Temperature distribution at 200 m b.s.l. Contours are at 10°C intervals. Temperature anomalies refer to Laugarnes (center left), Elliðaár (center right) and Geldinganes (top) geothermal systems (see Figure 1).

### **TEMPERATURE DISTRIBUTION AT 500 M**

Figure 6 shows temperature distribution at 500 m depth below sea level. Dominant thermal anomalies are, like in Figure 5, associated with hot water upflow zones of the respective geothermal reservoirs. Another striking feature is the less than 20°C volume to the south, where the Krýsuvík fissure swarm is encountered. This groundwater system is considered important pressure support for the present low temperature resources, given that production takes place at sufficient distance from it to both heat up the cold inflow and make it chemically stable. There are few cases of wells in Elliðaár and in Reykir-South where cold and oxygen rich fluid entered wells. Most of these wells have either been cemented or re-cased by now.

The nature of the hot recharge, which feeds some of the reservoirs from the north, has also been clarified in this and previous studies. As an example, production from the Reykir systems results in water level fluctuations in a well at Fremri-Háls, some 15-20 km to the NE (Figure 1). The flow channel involved was later confirmed by a new well half way between Fremri-Háls and Reykir-North. A flow channel of a similar length scale is proposed between the Laugarnes field, in the south, and Vallá and the Bay of Hvalfjörður road tunnel, in the North (Figure 1). This 20 km long connection takes support from high temperatures measured in the Laugarnes system and in a well near Vallá. High thermal gradients and permeable fractures, encountered during the tunnel construction, are also strong indicators for this hypothesis. Of the three fractures intersected in the tunnel, the outer two are hot and fresh (>60°C) whereas the center one has cooled recently to 35°C

and is saline. We suggest that the Laugarnes and the tunnel hydrothermal systems are of the same root. Pumping from the Laugarnes system has led to pressure drawdown after 1970 and a reversed

flow direction in the vertical tunnel fracture, which formerly served as a supply channel to a sub oceanic hot spring area in Hvalfjörður.

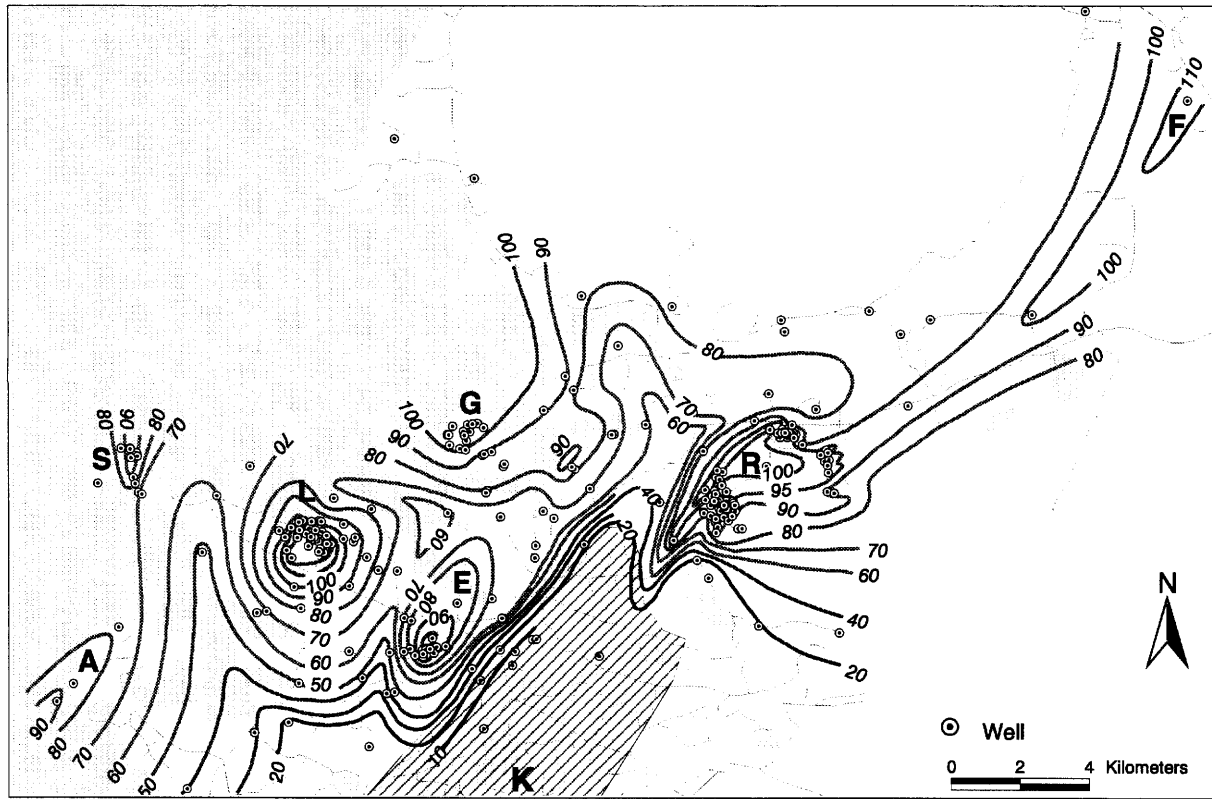


Figure 6: Temperature distribution at 500 m b.s.l.. Contours are in °C. Capital letters refer to A: Álftanes, S: Seltjarnarnes, L: Laugarnes, E: Elliðaáir, G: Geldinganes, R: Reykir and F: Fremri-Háls geothermal systems. The northern end of the Krýsuvík fissure swarm is shown shaded and marked with the letter K.

Also to mention is a local temperature anomaly at Álftanes, in the SW corner of Figure 5. It suggests a classical, low temperature geothermal system, hosted in a fracture system. This system has still to be explored by deep drilling.

### TEMPERATURE CROSS SECTIONS

Figure 7 and 8 present two temperature cross sections in the Reykjavík area. Their location is shown on Figure 1. Some interesting features can be seen here. As an example, Figure 7 shows that the Laugarnes system is much hotter at depth than the Seltjarnarnes and the Elliðaáir systems. Another striking feature is the cold fissure swarm of the Krýsuvík volcanic center in the east and its influence on deep temperatures in the Elliðaáir system. Also worth noting is the temperature distribution between Seltjarnarnes and the Laugarnes fields. Here we assume rather low temperature, actually much lower than might be expected from the regional 80-100°C/km regional temperature gradient. This volume may be considerably hotter at depths >1 km than shown on Figure 7, due to low degree of fracturing and minor vertical fluid convection.

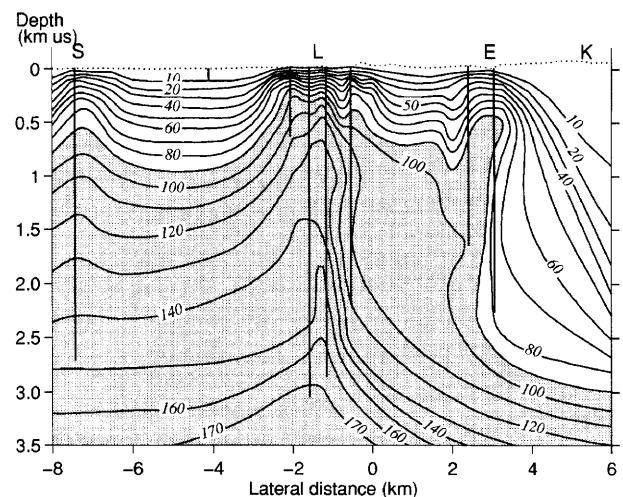


Figure 7: Temperature cross section A-A', from East to West. Contours in °C. Capital letters refer to S: Seltjarnarnes, L: Laugarnes and E: Elliðaáir geothermal systems. K is the Krýsuvík fissure swarm. See Figure 1 for location.

The temperature cross section in Figure 8 shows clearly how the interaction of opposite cold and hot recharge zones characterize the Elliðaár geothermal system. The Elliðaár wells are most likely drilled peripheral to the main inflow zone, which might reach temperatures above 120°C. This hot fluid rises by density effects to surface, while the more dense and cooler recharge in the south, creeps in under this hot recharge and mixing occurs.

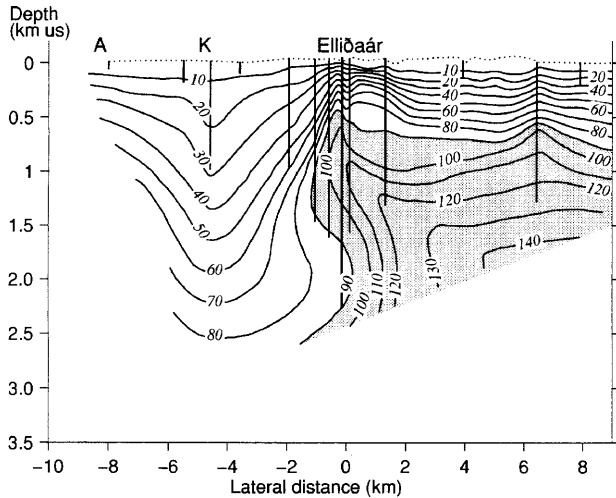


Figure 8: Temperature cross section B-B', across the Elliðaár system, from South to North. Contours in °C. Letter A refers to the Álftanes geothermal system and K to the Krýsuvík fissure swarm. See Figure 1 for location

Note that the Krýsuvík fissure swarm may have reached temperatures suitable for space heating at depths greater than 2 km, according to the cross section on Figure 8. Such reservoir volumes may thus become a valuable reserve in the future despite their "cold" looking character at shallow depths. Very little is known presently about temperature and pressure conditions in the massive fissure swarms which intersect volcanic centers in Iceland, except at the centers themselves. A growing interest in now to learn more about their potential. One of the main reasons is that environmental impact is considered low in such areas compared to what happens when drilling and production takes place at the often naturally unique volcanic centers.

**VERTICAL HEAT TRANSFER AND THE LITHOLOGICAL STRESS**

In Figure 9 several formation temperature profiles have been drawn to demonstrate effectiveness of vertical heat transfer in the fractured, geothermal systems in Reykjavík and vicinity. Areas of temperature higher or lower than the regional 80-100°C/km thermal gradient are shaded. Temperature profiles, drawn inside the region of temperature above the regional gradient, thus represent depths to which heat has been transmitted by convection. Similarly, when the well temperature is lower than the normal gradient, heat mining by colder fluid may have, or is, taking place.

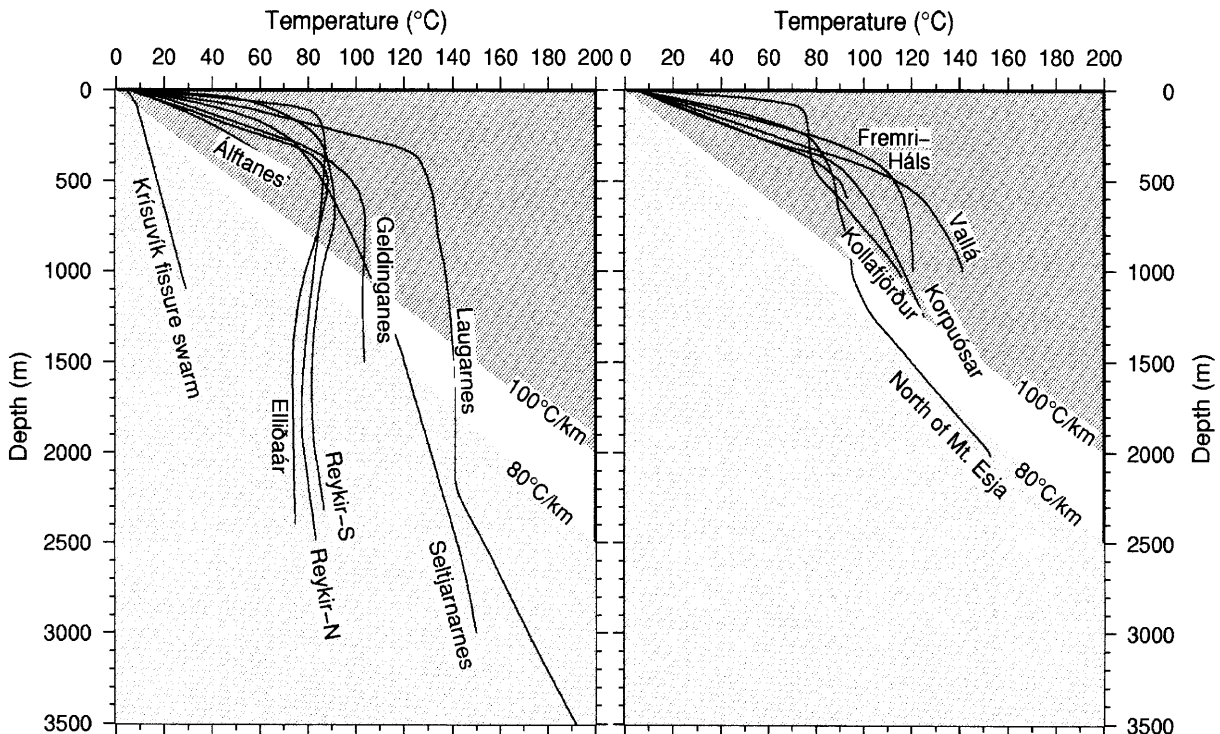


Figure 9: Formation temperatures in selected wells in and around Reykjavik. Left hand side of the figure presents wells drilled in the lowlands south of Mt. Esja, but wells on the right hand side are drilled near the mountain. Lighter shading denotes temperatures lower than to be expected from the regional gradient and the darker shading the opposite.

It is evident from Figure 9 that considerable mining of heat has taken place deep under the excellent production field at Reykir, and also in Elliðaár. Vertical transfer of heat from the roots of the Seltjarnarnes and Laugarnes fields is also observed, but not on the same scale as in the former two fields. As stated earlier, the deep temperatures of Reykir and Elliðaár are close to what could be expected from wells drilled into the cold Krýsuvík fissure swarm. Depending on the depth scale, the same system can thus be considered both abnormally hot or cold.

Also of interest is a changed character of the formation temperature profiles as we approach the slopes of the 900 m high Mt. Esja, north of Reykjavík (Figure 1). Here, well temperatures are all above the regional gradient. Vertical convection cells are observed by two wells, at Kollafjörður in the south, and in Hvammsvík, north of Mt. Esja. The maximum depth of convection is only around 600 m in Kollafjörður and 1300 m in Hvammsvík, compared to more than 2500 m in Reykjavík and at Reykir. This may suggest that lithological stress plays a role in the fracture permeability, and that the weight of Mt. Esja limits the maximum depth of vertical convection in fractures compared to wells in the south.

#### **A CONCEPTUAL RESERVOIR MODEL AND CONCLUSIONS**

The conceptual reservoir model which applies to most of the geothermal systems in the Reykjavík area can be explained as follows, making frequent reference to Figures 5 and 9:

- Fracturing, in connection with the fissure swarm of the Krýsuvík volcanic center, plays a major role for subsurface fluid flow. The fractures strike between N and NE and are near vertical.
- Geothermal systems reside within systems of vertical fractures. Formation temperature is dominated by conduction in the uppermost 500 m, reflecting caprock conditions in that depth interval. This zone is followed by 1-2 km thick interval, where temperature is steady or semi steady, suggesting rapid vertical convection.
- Temperature of these convection cells ranges from 80 to 140°C. Most of them appear in temperature contour maps as ellipsoids, striking N-NE, with characteristic lengths in the order of 5 to 20 km. The longest systems, in temperature and pressure interference range, also have the highest production capacity.
- Cold groundwater systems to the south serve as important pressure support for the geothermal reservoirs in Elliðaár and at Reykir. Fluid is recharged at depth to these systems, resulting in reversed formation temperature profiles.
- In addition to the cold recharge, a hot recharge zone is identified for the Laugarnes, Elliðaár and the Reykir systems. This recharge flows

either laterally or diagonally upward, and finally towards the surface.

- Hot spring areas are found above reservoir volumes where mixing of the southerly cold water and northerly hot water takes place. Fluid density may play an important role here.
- Local convection of heat, from depth to surface, appears to have a long history in the geothermal reservoirs. This is best seen at depths exceeding 1-2 km, where reservoir temperatures turn out to be 50 to 100°C lower than might be expected from the regional temperature gradient.
- Maximum depth of convecting zones appears to increase with distance from the 900 m high mountain Esja. In wells next to the mountain, convection cells reach down to 1300 m, whereas in the south, a depth range of 2500-3000 m appears common. This may reflect the effect of lithostatic pressure on the least horizontal stress and, hence, the permeability.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors wish to thank Orkuveita Reykjavíku for financing this work and for the permission to publish their data. We also thank Seltjarnarnes District Heating for permission to publish data from the Seltjarnarnes wells.

#### **REFERENCES**

- Björnsson, G. and B. Steingrímsson, 1995: *A temperature model of the Reykir geothermal systems*. Orkustofnun report, OS-95016/JHD-02, 110 pp., in Icelandic with an English abstract.
- Björnsson, G., Thordarson S. and Steingrímsson B., 1999: Temperature distribution and a conceptual reservoir model for Reykjavík and its vicinity. Orkustofnun report in printing OS-99112, in Icelandic with an English abstract.
- Flóvenz Ó.G. and Sæmundsson K., 1993: Heat flow and geothermal processes in Iceland. *Tectonophysics*, **225** (1993), pp. 123-138.
- Gunnarsson Á., Steingrímsson B., Gunnlaugsson E., Magnússon J. and Maack R., 1992: Nesjavellir co-generation power plant. *Geothermics*, **21**(4), pp. 559-583.
- Tulinus H., Axelsson G., Tómasson J., Kristmannsdóttir H. and Guðmundsson Á., 1996: Stimulation of well SN-12 in the Seltjarnarnes low-temperature field in SW-Iceland. *Proc. 21<sup>st</sup>. Stanford Workshop on Geothermal Res. Eng.*, pp. 489-498.