

**ORKUSTOFNUN**

**RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri**

**Mælingaeftirlit 1998-2000  
á Nesjavöllum, Kolviðarhóli  
og Ölkelduhálsi**

**Benedikt Steingrímsson  
Sigvaldi Thordarson**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**2001**

**OS-2001/033**



# **ORKUSTOFNUN**

**Rannsóknasvið**

**Verknr. 8-630-007/14**

**Benedikt Steingrímsson**

**Sigvaldi Thordarson**

## **Mælingaeftirlit 1998–2000 á Nesjavöllum, Kolviðarhóli og Ölkelduhálsi**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**OS-2001/033**

**Maí 2001**

Orkustofnun – Rannsóknasvið

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

Akureyri: Háskólinn á Akureyri, Sólborg v. Norðurslóð, 600 Ak.

Sími 463 0957 – Fax 463 0999

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



<b>Skýrsla nr:</b> OS-2001/033	<b>Dags:</b> Maí 2001	<b>Dreifing:</b> <input type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b>  Mælingaeftirlit 1998-2000 á Nesjavöllum, Kolviðarhóli og Ölkelduhálsi	<b>Upplag:</b> 40	
	<b>Fjöldi síðna:</b> 55	
<b>Höfundar:</b>  Benedikt Steingrímsson Sigvaldi Thordarson	<b>Verkefnisstjóri:</b>  Benedikt Steingrímsson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Gagnaskýrsla, reglubundið mælingaeftirlit	<b>Verknúmer:</b> 8-630007/14	
<b>Unnið fyrir:</b> Orkuveitu Reykjavíkur		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Í skýrslunni er gerð grein fyrir mælingum á hita og þrýstingi í borholum Orkuveitu Reykjavíkur á Nesjavöllum, Kolviðarhóli og Ölkelduhálsi árin 1998, 1999 og 2000. Gefið er yfirlit um allar eftirlitsholurnar og fjallað um niðurstöður mælinga í einstökum holum og þær bornar saman við eldri mælingar. Mælingar voru gerðar í þessum holum: NG-6, 7, 9 og 10, NJ-11, 12, 13, 14, 15, 16 og 18, KhG-1 og ÖJ-1. Mælingaeftirlitið sýnir að jarðhitakefið á Nesjavöllum er í góðu standi. Mjög litlar hitabreytingar mælast og þrýstibreytingar eru hægar. Vinnsluholur Nesjavallavirkjunar voru hita- og þrýstimældar sumarið 1998 og varð ekki vart við fyrirstöður í þeim. Gengu mælingar því greiðlega. Hita- og þrýstiferlarnir í þessum mælingum voru það truflaðir af blæstri að ekki var hægt að draga miklar ályktanir af þeim um breytingar á þrýstingi í jarðhitakerfinu. Engar þrýstibreytingar mælast í jarðhitakerfinu við Kolviðarhól, en vatnsborð hækkar vegna hitabreytinga á 400-1200 m dýpi. Á Ölkelduhálsi hefur þrýstingur lækkað, hugsanlega vegna mikillar skjálftavirkni á svæðinu.		
<b>Lykilorð:</b> Háhitasvæði, jarðhitakerfi, orkuveita, eftirlit, mælingar, hiti, þrýstingur	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b>	
	<b>Yfirfarið af:</b> Höfundum	

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	5
2. YFIRLIT MÆLINGA 1998-2000.....	7
3. MÆLINGAR Í EINSTÖKUM HOLUM .....	9
3.1. Hola NG-6.....	9
3.2. Hola NG-7.....	11
3.3. Hola NG-9.....	13
3.4. Hola NG-10.....	16
3.5. Hola NJ-11 .....	20
3.6. Hola NJ-12 .....	23
3.7. Hola NJ-13 .....	24
3.8. Hola NJ-14 .....	26
3.9. Hola NJ-15 .....	29
3.10. Hola NJ-16 .....	33
3.11. Hola NJ-17 .....	36
3.12. Hola NJ-18 .....	36
3.13. Hola KhG-1 .....	41
3.14. Hola ÖJ-1 .....	45
4. SAMANTEKT OG HELSTU NIÐURSTÖÐUR.....	48
4.1. Hita- og þrýstibreytingar .....	48
4.2. Skotgöt á fóðringum háhitaholna .....	53
5. FRAMHALD MÆLINGAEFTIRLITS.....	55
6. HEIMILDIR .....	56

## TÖFLUR

Tafla 1. <i>Upplýsingar um holur á Nesjavöllum.</i> .....	6
Tafla 2. <i>Samantekt yfir mælda metra árin 1998–2000.</i> .....	7
Tafla 3. <i>Yfirlit mælinga árin 1998–2000.</i> .....	8
Tafla 4. <i>Þrýsti- og vatnsborðslækkarir í eftirlitsholum.</i> .....	52
Tafla 5. <i>Skotgöt í fóðringum Nesjavalla- og Kolviðarhólsholna.</i> .....	54

## MYNDIR

Mynd 1. <i>Hitamælingar í holu NG-6.</i> .....	10
Mynd 2. <i>Prýstimælingar í holu NG-6.</i> .....	11
Mynd 3. <i>Hitamælingar í holu NG-7.</i> .....	13
Mynd 4. <i>Hitamælingar í holu NG-9.</i> .....	14
Mynd 5. <i>Prýstimælingar í holu NG-9.</i> .....	15
Mynd 6. <i>Hitamælingar innan fóðringar í holu NG-10.</i> .....	16
Mynd 7. <i>Hitamælingar í holu NG-10.</i> .....	17
Mynd 8. <i>Prýstimælingar í holu NG-10.</i> .....	18
Mynd 9. <i>Hiti á 1000 m og 1500 m dýpi í holu NG-10.</i> .....	19
Mynd 10. <i>Prýstingur á 1000 m og 1500 m dýpi í holu NG-10.</i> .....	19
Mynd 11. <i>Hitamælingar í holu NJ-11.</i> .....	21
Mynd 12. <i>Prýstimælingar í holu NJ-11.</i> .....	22
Mynd 13. <i>Hitamælingar innan fóðringar í holu NJ-12.</i> .....	23
Mynd 14. <i>Hitamælingar í holu NJ-13.</i> .....	24
Mynd 15. <i>Prýstimælingar í holu NJ-13.</i> .....	25
Mynd 16. <i>Hitamælingar í holu NJ-14.</i> .....	26
Mynd 17. <i>Prýstimælingar í holu NJ-14.</i> .....	27
Mynd 18. <i>Hiti á 800 m og 1200 m dýpi í holu NJ-14.</i> .....	28
Mynd 19. <i>Prýstingur á 1200 m dýpi í holu NJ-14.</i> .....	28
Mynd 20. <i>Hitamælingar innan fóðringar í holu NJ-15.</i> .....	29
Mynd 21. <i>Hitamælingar í holu NJ-15.</i> .....	30
Mynd 22. <i>Prýstimælingar í holu NJ-15.</i> .....	31
Mynd 23. <i>Hiti á 1000 m og 1500 m dýpi í holu NJ-15.</i> .....	32
Mynd 24. <i>Prýstingur á 1000 m og 1500 m dýpi í holu NJ-15.</i> .....	32
Mynd 25. <i>Hitamælingar ofan 1000 m í holu NJ-16.</i> .....	33
Mynd 26. <i>Hitamælingar í holu NJ-16.</i> .....	34
Mynd 27. <i>Prýstimælingar í holu NJ-16.</i> .....	35
Mynd 28. <i>Hitamælingar innan fóðringar í holu NJ-18.</i> .....	37
Mynd 29. <i>Hitamælingar í holu NJ-18.</i> .....	38
Mynd 30. <i>Prýstimælingar í holu NJ-18.</i> .....	39
Mynd 31. <i>Hiti á 1200 m og 1700 m dýpi í holu NJ-18.</i> .....	40
Mynd 32. <i>Prýstingur á 1200 m og 1700 m dýpi í holu NJ-18.</i> .....	40

Mynd 33. <i>Hitamælingar í vinnslufóðringu í holu KhG-1</i> .....	41
Mynd 34. <i>Hitamælingar í holu KhG-1</i> .....	42
Mynd 35. <i>Þrýstimælingar í holu KhG-1</i> .....	43
Mynd 36. <i>Hiti á 700 m, 1000 m, 1400 m og 1700 m dýpi í holu KhG-1</i> .....	44
Mynd 37. <i>Þrýstingur á 700 m, 1000 m, 1400 m og 1700 m dýpi í holu KhG-1</i> .....	44
Mynd 38. <i>Vatnsborð í holu KhG-1</i> .....	45
Mynd 39. <i>Hitamælingar í holu ÖJ-1</i> .....	46
Mynd 40. <i>Þrýstimælingar í holu ÖJ-1</i> .....	47
Mynd 41. <i>Hiti og þrýstingur á 900 m dýpi í holu ÖJ-1</i> .....	48
Mynd 42. <i>Hiti á 800 m dýpi undir sjávarmáli á Nesjavöllum</i> .....	49
Mynd 43. <i>Hiti á 1400 m dýpi undir sjávarmáli á Nesjavöllum</i> .....	50
Mynd 44. <i>Þrýstingur á 800 m dýpi undir sjávarmáli á Nesjavöllum</i> .....	51
Mynd 45. <i>Þrýstingur á 1400 m dýpi undir sjávarmáli á Nesjavöllum</i> .....	51
Mynd 46. <i>Vatnsborðsmælingar í nokkrum holum á Nesjavöllum</i> .....	52

## 1. INNGANGUR

Jarðhitaborholur Orkuveitu Reykjavíkur á Nesjavöllum eru orðnar 22 talsins frá því hola NV-1 var boruð sumarið 1965. Af þessum holum var helmingurinn eða 11 holur tengdar og nýttar af virkjuninni í ársbyrjun 2001. Hola NJ-15 er tengd en hefur ekki verið nýtt síðustu ár. Holur NJ-21 og 22, sem voru boraðar sumarið 2000, munu tengjast virkjuninni á sumri komanda, en holur NJ-12, 17 og 18 verða ekki tengdar á næstu árum. Þá er eftir að gera grein fyrir fimm holum. Þetta eru fjórar elstu holurnar, holur NV-1 til 4, auk holu NG-8, sem allar hafa verið fylltar af steypu.

Auk borana á Nesjavöllum hefur Orkuveita Reykjavíkur borað rannsóknarholur við Kolviðarhól og á Ölkelduhálsi, en öll þessi svæði eru hluti af jarðhitasvæðinu sem kennt er við Hengil. Í töflu 1 eru dregnar saman helstu upplýsingar um borholurnar á Nesjavöllum (steypu holunum þó sleppt), við Kolviðarhól og á Ölkelduhálsi.

Orkuveita Reykjavíkur hefur haldið uppi virku eftirliti með jarðhitakerfi Nesjavalla og vinnslu úr því, og hefur framkvæmd eftirlitsins verið í föstum skorðum síðan um 1985. Eftirlitið er fjölpætt og snýr einn þáttur þess að mælingum á hita og þrýstingi í borholum sem ekki eru í blæstri á hverjum tíma. Framan af voru það einkum holur NG-7, 9 og 10 og holur NJ-12, 14, 15, 17 og 18 sem voru í þessu eftirliti, þar sem aðrar holur voru í stöðugum blæstri og vinnslu. Eftirlitsholunum hefur fækkað með árunum eftir því sem fleiri holur hafa tengst Nesjavallavirkjun. Þannig fór hola NG-9 í vinnslu haustið 1994 og haustið 1998, þegar raforkuverið á Nesjavöllum tók til starfa, urðu holur NG-7 og 10 og holur NJ-14 og 15 að vinnsluholum. Reyndar hefur hola NJ-15 verið hvíld síðan í ágúst 1999 og féll hún þar með aftur inn í eftirlitið. Auk vinnsluholnanna hafa holur NJ-12 og 17 einnig dottið út sem eftirlitsholur. Í holu NJ-12 varð það óhapp við eftirlitsmælingar 1994 að mælur festust á 1168 m dýpi og slitnaði mælivírinn við mælana og urðu þeir eftir í holunni. Holan nýtist því ekki til eftirlits með hita og þrýstingi nema niður á 1150 m dýpi (Ómar Sigurðsson 1994). Í holu NJ-17 kom í ljós í mælingum í desember 1996 að fyrirstaða var í holunni á 258 m dýpi um 14 m neðan vatnsborðs og langt uppi í fóðringu. Holan hafði staðið opin um tíma og er talið að forvitnir flækningar hafi látið stein eða steypuklump falla niður í holuna. Fyrirstaðan lét a.m.k. undan þegar barið var á hana með lóði og tókst í nokkrum tilraunum að reka steininn niður á 489 m dýpi. Þá fór lóðið framhjá steininum, en festist í hífingu. Það tókst að losa lóðið, en ákveðið var að hætta frekari tilraunum til að reka steininn niður holuna, enda ljóst að hann færi ekki dýpra en niður á leiðaratoppinn. Holan verður því ekki mæld dýpra en í 489 m dýpi fyrr en steinninn hefur verið mulinn og brotnum sökkt til botns, en til þess þarf líklega jarðbor. (Ómar Sigurðsson 1997a; 1997b).

Yfirlitið um holurnar hér að ofan sýnir að einungis NJ-15 og NJ-18 nýtast að fullu til eftirlits með hita og þrýstingi í jarðhitakerfinu á Nesjavöllum. Báðar þessar holur eru í jaðri vinnslusvæðisins. NJ-15 við Stangarháls í suðausturhluta Nesjavalladals og NJ-18 vestan Kýrdalssprungunnar norðnorðvestur af vinnslusvæðinu. Einfaldasta leiðin til að auka eftirlitið er að mylja steininn í holu NJ-17 og opna holuna til botns. Þar með fengist mælipunktur vest-suðvestan við vinnslusvæðið. Inni á vinnslusvæðinu sjálfu verður hins vegar áfram engin eiginleg eftirlitshola. Þar verður að nota tækifærið, þegar vinnsluholur eru hvíldar, að mæla í þeim hita og þrýsting. Vandinn er þó sá að



hávermiholurnar eru marga mánuði að jafna sig eftir blástur þannig að þær sýni svæðisþrýsting og hita.

**Tafla 1.** *Upplýsingar um holur á Nesjavöllum.*

Hola	Borár	Bordýpi (m)	Leiðari		Staðsetning holu		
			Dýptarbil (m)	Után-mál (‘‘)	N-Lambert (m) Lengd (°N)	V-Lambert Breidd (°V)	Hæð (m y.s.)
NG-5	1972	1804	417,0-1240,0	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	658922 64,10394	404193 21,26083	188,6
NG-6	1982	1144	601,9-1133,6	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	659570 64,09695	403446 21,27331	292,9
NG-7	1983	2001	550,9-1988,1	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	658761 64,10600	404415 21,25777	184,5
NG-9	1984	1055	789,7-1038,3	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	659379 64,09491	403208 21,26915	305,9
NG-10	1984	1798	549,5-1768,7	7	658690 64,10062	403810 21,25568	199,3
NJ-11	1985	2265	556,1-1607,5	7	659022 64,10765	404612 21,26332	187,3
NJ-12	1985	1856	736,0-1823,9	7	659911 64,10416	404269 21,28117	337,5
NJ-13	1985	1609	740,3-1589,0	7	659411 64,09909	403677 21,27030	287,5
NJ-14	1985	1304	744,1-1262,2	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	659539 64,09078	402756 21,27194	362,5
NJ-15	1985	1748	739,4-1040,9 1040,9-1722,5	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> 7	658828 64,09705	403419 21,25809	236,1
NJ-16	1985	2024	747,4-2011,2	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	658756 64,11126	405002 21,25829	167
NJ-17	1986	2100	641,7-1969,2	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	660316 64,09999	403824 21,28899	355
NJ-18	1986	2136	836,1-2026,6	7 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	658649 64,12137	406125 21,25728	195
NJ-19	1999	1700	749,4-1672,7	7	659575.2 64,10045	403837 21,27383	280
NJ-20	1999	1800	735,1-1777,8	7	659582.4 64,09058	402736 21,27281	365
NJ-21	2000	1771	778,5-1731,1	7	659906.9 64,09621	403381 21,28014	~310
NJ-22	2000	1805	753,2-1784,5	7	659861.8 64,09670	403433 21,27927	305,7
KhG-1	1985	1816	742,8-1807,9	7	665084 64,04670	398126 21,38037	285
ÖJ-1	1994/5	1035	726,7-1006,5	7	658674 64,05860	399118 21,25040	360,8

Í eftirfarandi skýrslu er fjallað um hita- og þrýstimælingar sem gerðar voru til eftirlits í borholunum á Nesjavöllum, Kolviðarhóli og Ölkelduhálsi á árunum 1998–2000. Mælingarnar og úrvinnsla þeirra er gerð samkvæmt samningi Orkuveitu Reykjavíkur og Orkustofnunar. Síðasta eftirlitsskýrsla kom út árið 1997 og eru þær mælingar sem hér er fjallað um sýndar í samhengi við fyrri mælingar. Lítið er á hvernig einstakar holur hafa hegðað sér í gegnum tíðina, bæði hvað hita og þrýsting varðar, en einnig er reynt að skoða breytingarnar með svæðið allt í huga. Einnig eru í skýrslunni sýndar vatnsborðs-mælingar sem starfsmenn Orkuveitunnar framkvæma vikulega í þrýstingslausum (á holutoppi) holum. Síðustu árin hafa þeir mælt vatnsborð í holum NJ-12, 15, 17 og 18, en hola NG-10 féll einnig inn í þetta eftirlit áður en hún fór í vinnslu.

## 2. YFIRLIT MÆLINGA 1998-2000

Árlegt mælingaefirlit á Nesjavöllum takmarkast af því hvaða holur eru í vinnslu og hverjar ekki. Á árinu 1998 voru mælingarnar með langmesta móti þar sem Nesjavalla-virkjun var stöðvuð í byrjun maí á meðan lokið var endurbyggingu virkjunarinnar og uppsetningu raforkuversins. Virkjunin var sett aftur í gang í september. Vinnsluholurnar stóðu í blæðingu mest allan tímann og var ákveðið nota tækifærið og mæla holurnar og kanna hita, þrýsting og ástand þeirra. Flestar holurnar voru settar í blæðingu um miðjan maí og fóru mælingarnar fram í byrjun ágúst, en byrjað var að hleypa holunum aftur í gos um og eftir miðjan ágúst. Holurnar, sem mældar voru 1998, voru NG-6, 9, 10, NJ-11, 13, 14, 15, 16 og 18. Tilraun var gerð til að mæla holu NG-7, en fyrirstaða fannst á 175 m dýpi og í kjölfarið voru gerðar nokkrar hita- og körfumælingar í holunni áður og eftir að hún var hreinsuð með háþrýstispúlun.

Árin 1999 og 2000 voru allar vinnsluholur á Nesjavöllum í blæstri og einungis holur NJ-15 og NJ-18 mældar. Reyndar var hola NJ-15 í vinnslu fram í ágúst 1999 og skýrir það hversu seint var mælt í eftirlitsholunum það árið.

Rannsóknarholurnar ÖJ-1 á Ölkelduhálsi og hola KhG-1 við Kolviðarhól voru hita- og þrýstimældar árlega á þessu tímabili.

Samantekt yfir mælda metra þessi 3 ár er sýnd í töflu 2, en nákvæmara yfirlit mælinga árin 1998–2000 er sýnt í töflu 3.

Auk hita- og þrýstimælinga í holunum var vatnsborð eða holutoppþrýstingur mældur í þeim þegar mælingarnar voru gerðar (sjá töflu 3).

**Tafla 2.** Samantekt yfir mælda metra árin 1998–2000.

Tegund mælingar	1998	1999	2000	Samtals
GO-hiti	5.045	1.733	2.467	9.145
Kuster/Amerada-hiti	13.234	4.212	5.428	22.874
Þrýstingur (Kuster/Am)	16.305	6.058	8.030	30.393
Lóðun	2.617			
Samtals:	37.201	12.003	15.825	65.129

**Tafla 3.** Yfirlit mælinga árin 1998–2000.

Hola	Dags.	GO-hiti (m)	Kuster hiti (m)	Þrýstingur (m)	Vatnsb./ Toppþrýst.	Athugasemdir
NG-6	04-08-1998		0-1104	0-1105	54-55 bar	Hafði verið á blæðingu um 30 mm blendu. P <sub>0</sub> um 36 bar áður en mælingar hófust.
NG-7	07-08-1998	1-175				Vegna stíflu í holu
	07-08-1998					Lóðun niður í 175 m
	12-08-1998	0-170				Vegna vídeó-myndatöku
	12-08-1998	170				Upphitun
	12-08-1998	0-170				Mælt upp
	30-09-1998	0-610				Eftir hreinsun holunnar
	30-09-1998					Lóðun niður í 610 m
	30-09-1998					20 cm karfa, settist í 610 m
	30-09-1998					14 cm karfa, settist í 612 m
	03-12-1998					Lóðun niður í 610 m
NG-9	06-08-1998		0-1021	0-1028	31-52 bar	Var á blæðingu um 4-5 mm gat
NG-10	10-08-1998	10-550	250-1760	250-1758	199 m	Holan staðin
NJ-11	04-08-1998		0-1532	0-1532	51-62 bar	Hafði verið á blæðingu
NJ-12	11-08-1998	0-700			157 m??	Holan staðin
NJ-13	05-08-1998		0-1567	0-1564	61 bar	Hafði verið á blæðingu um 28 mm blendu
NJ-14	06-08-1998		0-1290	0-1290	16 bar	Hafði verið á blæðingu um 3 mm gat
NJ-15	07-08-1998	40-540		200-1710	169,5 m	
	10-08-1998		600-1713		169,5 m	
	04-11-1999	160-535	600-1715	150-1715	180,5 m	
	08-03-2000	3-520	600-1716	0-1716	186 m	
	06-09-2000	0-525	600-1716	0-1716	187,8 m	
NJ-16	05-08-1998		1000-2008	420-2002	303 m	vb frá 2" toppi
	06-08-1998	0-936				
NJ-18	11-08-1998	150-820	900-1991	400-1991	159,6 m	
	09-11-1999	150-900	900-1998	200-1997	161,3 m	
	06-09-2000	100-900	900-1999	0-1999	163 m	
KhG-1	26-06-1998	125-700	800-1793	200-1785	126 m	
	15-11-1999	120-728	800-1792	100-1789	125 m	
	17-11-2000	100-725	700-1792	200-1792	124,2 m	Hiti mældur með 2 mælum til samanburðar
ÖJ-1	25-06-1998		0-1005	0-1005		Þrýst. mældur með 97 og 212 bar mælum
	11-11-1999		0-1007	0-1007	280 m	
	13-11-2000		0-1005	0-1007	0,04 bar	Holan stóð lokuð án blæðingar.

### 3. MÆLINGAR Í EINSTÖKUM HOLUM

Hér á eftir er fjallað um mælingar í hverri borholu fyrir sig. Tæpt er lauslega á staðsetningu og dýpi og hvenær holur hafa verið í blæstri, í blæðingu eða staðið þrýstingslausar. Sýndar eru hita- og þrýstimælingar árána 1998–2000, ásamt helstu mælingum fyrri ára. Samanburður er gerður við berghita og upphafsþrýsting og birtir tímaferlar sem sýna þróun hita og þrýstings á völdum dýpum í hverri holu frá því borun viðkomandi holu lauk. Viðmiðunardýpin ráðast meðal annars af því hvar helstu vatnsæðar er að finna í holunum.

#### 3.1. Hola NG-6

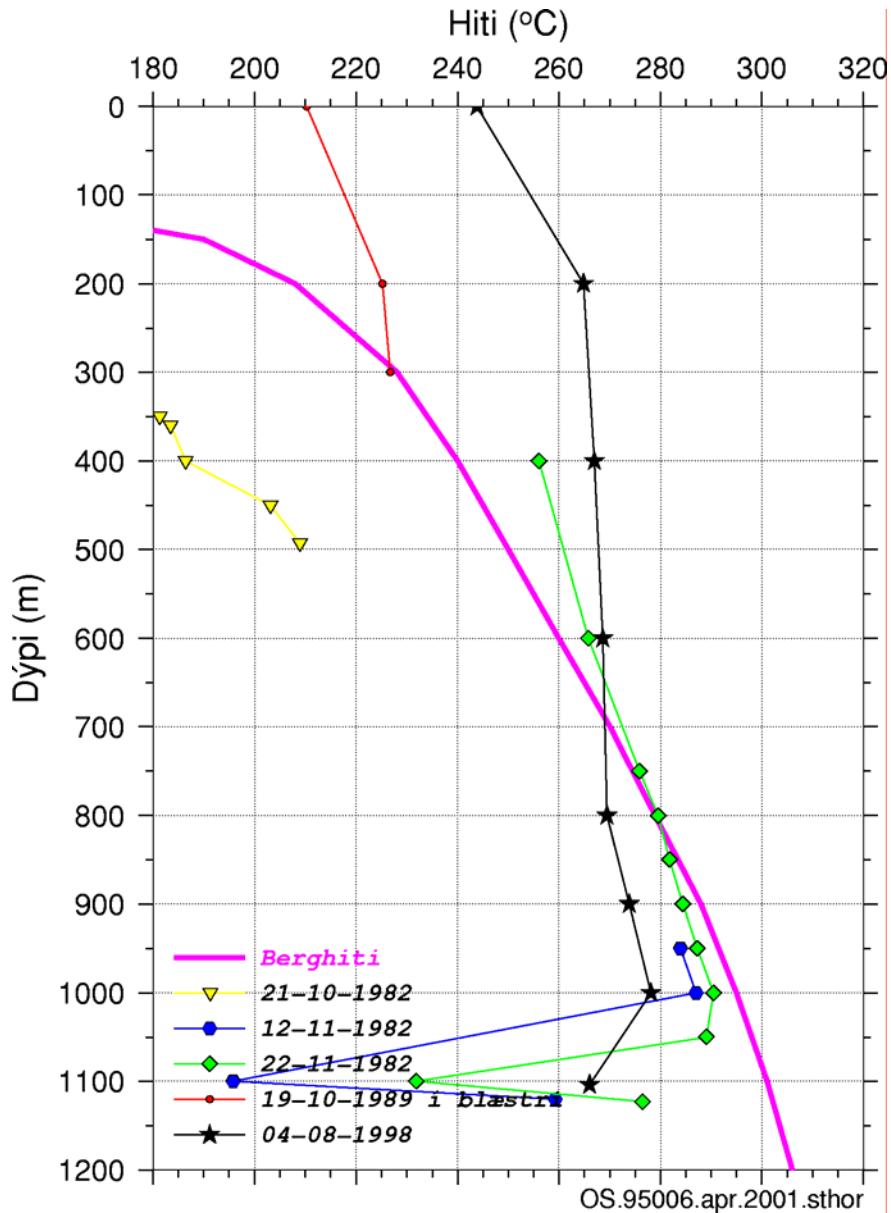
Hola NG-6 var boruð uppi á stallinum sunnan Nesjavalla haustið 1982 í 1144 m dýpi (tafla 1). Hún var sett í blástur í desember 1982 og hefur blásið nær samfelld síðan. Fyrstu árin blés holan út í hljóðdeyfi, en frá ársbyrjun 1992 hefur NG-6 verið í nær stöðugri vinnslu fyrir Nesjavallavirkjun. Holan var aflmæld vikulega meðan hún blés út í hljóðdeyfi, en eftir að hún tengdist virkjuninni er toppþrýstingur mældur vikulega, en afl mælt í vinnsluhléum, oftast nokkrum sinnum á ári. Hola NG-6 nýtist ekki til eftirlits með hita og þrýstingi í jarðhitakerfinu svo lengi sem hún blæs stöðugt, vegna mikils niðurdráttar í blæstri og suðu allt til holubotns. Holan hefur því ekki fallið inn í hið árlega mælingaeftirlit, sem Orkustofnun framkvæmir fyrir Orkuveituna. Árið 1989 var gerð tilraun til að mæla holuna í blæstri, en sjálfhætt var á 300 m dýpi þegar hitamælirinn sökk ekki gegn streyminu upp holuna.

Hola NG-6 var höfð í blæðingu um 30 mm blendu frá 15. maí til 15. ágúst 1998 á meðan lokið var endurbyggingu og stækkun virkjunarinnar. Ákveðið var að nýta þetta hlé til að kanna ástand holunnar. Hún var því hita- og þrýstimæld þann 4. ágúst. Þegar mælingarnar hófust var toppþrýstingur ~36 bar, en fór upp í um 55 bar í lok þeirra, vegna minni blæðingar á meðan mælt var. Greiðlega gekk að mæla holuna og fundust engar fyrirstöður. Holubotn reyndist hins vegar á 1105 m dýpi, en mældist á 1123 m dýpi í nóvember 1982, síðast þegar holan var mæld í botn. Samkvæmt þessu hefur safnast 15–20 m botnfall í holuna eftir að hún fór í blástur. Trúlega hefur það gerst strax í upphafi blástursins.

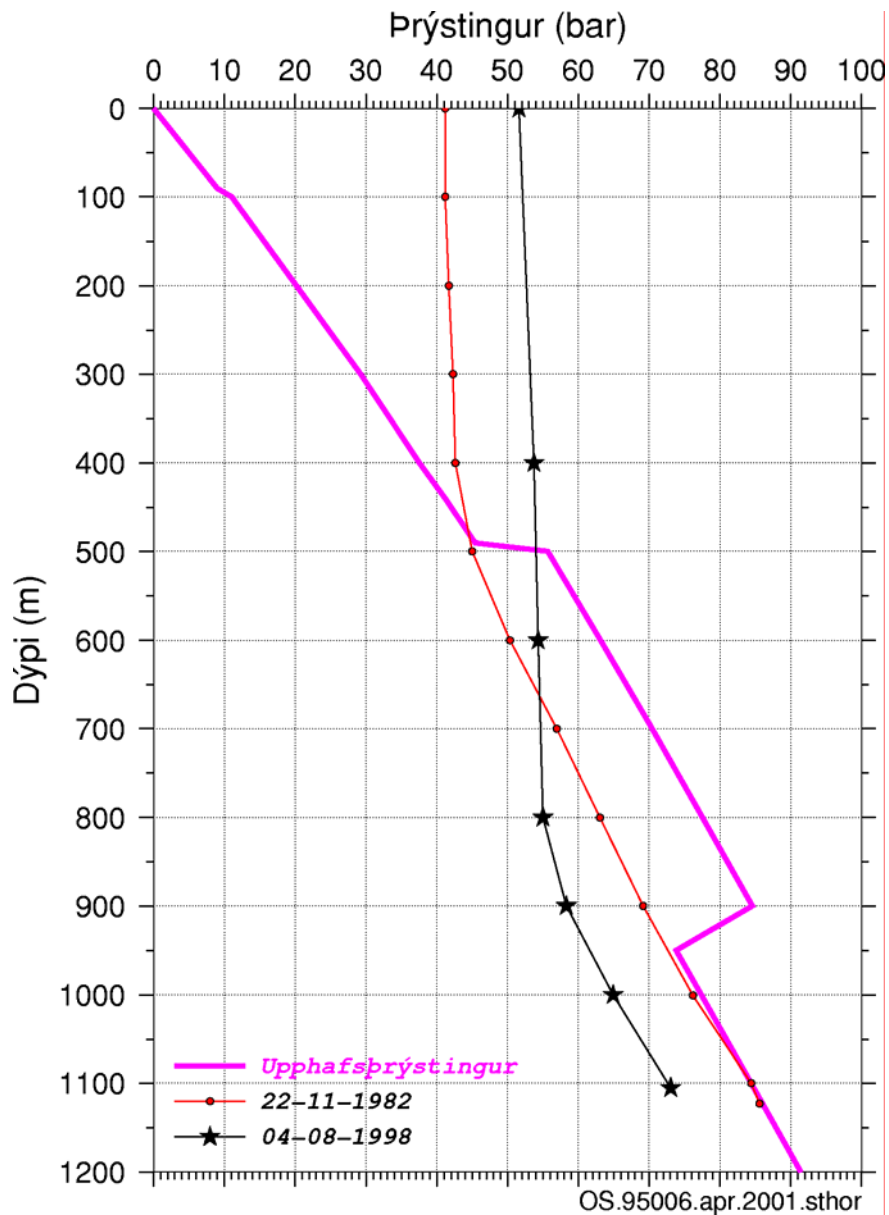
Á myndum 1 og 2 eru mælingar frá 1998 sýndar ásamt mælingum í upphitun eftir borun. Berghita- og upphafsþrýstiferill er sýndur á myndunum til viðmiðunar við mæliferlana. Mælingarnar 1998 bera með sér að holan stóð undir háum þrýstingi og var gufa og gas frá holutoppi niður á um 800 m dýpi. Neðan 800 m var hins vegar vatn í holunni eins og þrýstimælingin á mynd 2 sýnir greinilega.

Á mynd 1 er athygliverðast að hiti mælist viðsnúinn við holubotn í ágúst 1998. Þar er helsta vinnsluæð holunnar (1092 m) eins og hitamælingarnar í upphitun eftir borun sýna vel. Botnkælingin í mælingunni 1998 er skýrð sem áhrif frá vinnslu á tímabilinu 1982–1998, en suða kælir holuna til botns þegar holan blæs og tekur langan tíma fyrir æðarnar að jafna sig í hita eftir svo langan blástur. Áköf blæðing um 30 mm blendu hefur einnig tafið upphitun eftir blásturinn. Samkvæmt þrýstimælingunni frá 1998 er töluverður niðurdráttur í holunni samanborið við 1982 (mynd 2). Á 1100 m dýpi, við aðal vinnsluæðina, hefur þrýstingur t.d. lækkað um ~12 bar frá 1982. Niðurdrátturinn í holu NG-6 í ágúst 1998 er af tvennum toga. Annars vegar er þrýstilækkun í holunni og næsta

nágrenni hennar vegna vinnslu úr holunni frá 1982, og hins vegar svæðisniðurdráttur vegna heildarvinnslu úr svæðinu. Líklega skiptist niðurdrátturinn í NG-6 í ágúst 1998 nokkuð jafnt milli þessara tveggja þátta, því svæðisniðurdrátturinn uppi á stallinum var metinn 6 bar sumarið 1999, þegar hola NJ-19 var þrýstimæld í upphitun eftir borun holunnar (Benedikt Steingrímsson og Hjalti Franzson 1999). Stutt er milli þessara holna og breytingar hægar milli ára.



Mynd 1. Hitamælingar í holu NG-6.



Mynd 2. Þrýstimælingar í holu NG-6.

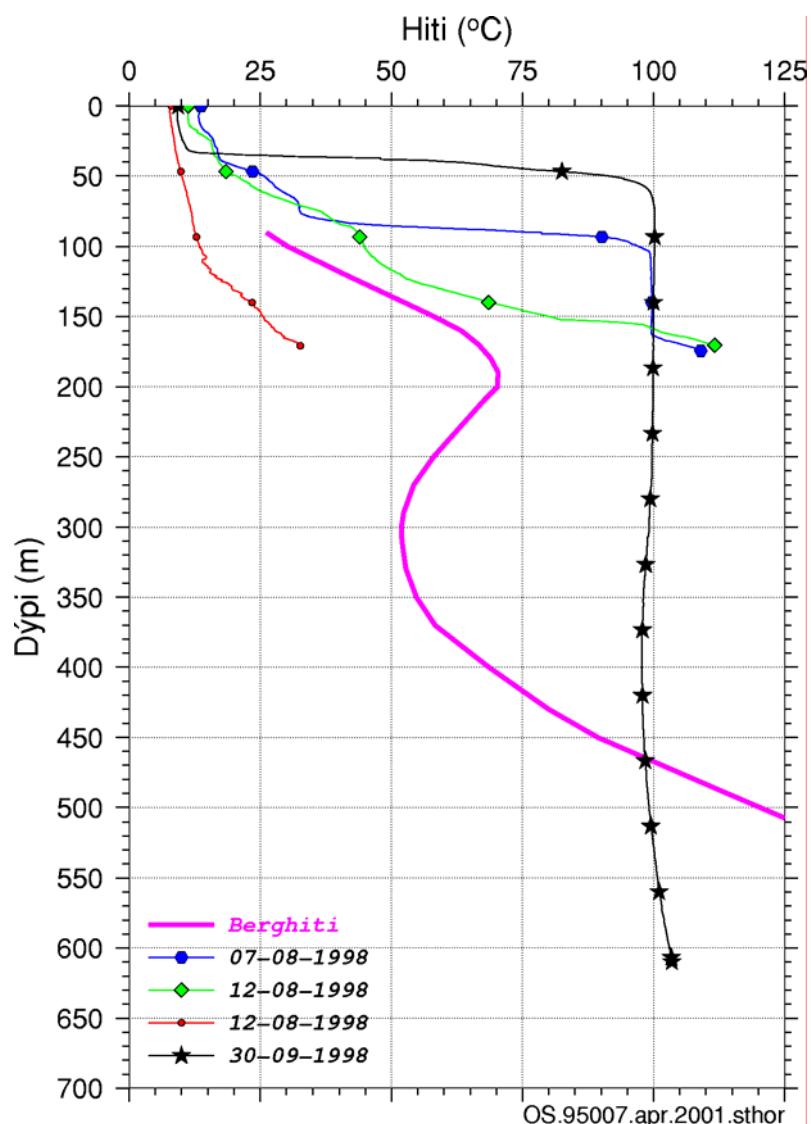
### 3.2. Hola NG-7

Hola NG-7 í Nesjavalladal var boruð sumarið 1983 í 2001 m dýpi. Hún var blástursprófuð á tímabilinu júní 1984 fram í febrúar 1986 og aftur á tímabilinu janúar til apríl 1996. Þess á milli var hola í blæðingu og féll hún inn í hið árlega eftirlit með hita og þrýstingi í Nesjavallakerfinu. Hola NG-7 er sú hola sem sýnir mestan þrýstiniðurdrátt á Nesjavöllum. Fram til 1997 er talið að þrýstilækkunin frá 1983 hafi verið orðin um 11 bar í holu NG-7, eða nær tvöfalt meiri niðurdráttur en fram kemur í þeim holum sem næstar koma (NG-10, NJ-14, o.fl.).

Hola NG-7 stóð lengstum undir þrýstingi, vegna gass úr sjóðandi æðum nærri 1000 m dýpi. Hiti þessara æða fór lækkandi þegar leið á tíunda áratugnum og féll toppþrýstingur í kjölfarið, eftir því sem dró úr gasstreyminu að neðan. Fyrir 1994 var toppþrýstingurinn gjarnan um 45 bar, en féll síðan ár frá ári og fór svo haustið 1997 að hola NG-7 kafnaði og stóð hún þrýstingslaus fram á haust 1998. Þann 7. ágúst 1998 var hola hitamæld og kom þá í ljós fyrirstaða á um 175 m dýpi, sem mælirinn fór ekki í gegnum, en vatnsborð var neðan við fyrirstöðuna. Fyrirstaðan er á móts við göt sem skotin voru þegar vinnslufóðringin var steipt. Til að kanna fyrirstöðuna var fengin myndavél (aðallega notuð til að mynda skolplagnir), sem tengd var myndbands-upptökutæki og hola mynduð þann 12. ágúst. Hólan var kæld með því að láta vatn renna á hana í gegnum brunaslöngu, og til að tryggja að myndvélin lenti ekki í of miklum hita var hola hitamæld að útfellingunni og tekin upphitun í um 30 mín á 170 m dýpi. Myndbandið staðfesti að fyrirstaðan væri við skotgötin og er talið fullvíst að steypuleðja hefði sigið inn um skotgötin. Var ákveðið að reyna að hreinsa holuna með háþrýstipvotti og var það gert þann 29. september 1998. Engin sýni fengust af leðjunni.

Daginn eftir hreinsunina var hola hitamæld, auk þess sem körfur voru sendar niður til að athuga þrengingar í henni. Engrar fyrirstöðu varð vart við skotgötin á 175 m dýpi. Hins vegar settist hitamælirinn og körfurnar (upp í 20 cm í þvermál) á um 610–612 m dýpi og fóru alls ekki neðar. Reyndar átti 20 cm karfa alls ekki að fara svo djúpt þar sem hola er fódruð með  $7\frac{5}{8}$ " leiðara frá 548–1985 m dýpis og er innanmál leiðarans 17,7 cm. Það verður að teljast ráðgáta hvað varð af þessum 60 m af leiðara sem vantar. Leiðarinn hékk um 10 m yfir botni og er því ekki hægt að skýra málið með því að hann hafi losnað úr festingunni og fallið til botns, nema þá hann hafi kiknað og fallið inni í sig svo muni tugum metra. Þá er einnig talið ótrúlegt að efsti hluti leiðarans hafi horfið vegna tæringar.

Ákveðið var að hætta öllum bollaleggingum um hvað gerst hafði með leiðarann og var holunni komið í blástur 24. nóvember 1998. Hún var því næst tengd Nesjavallavirkjun og hefur hún verið vinnsluhola síðan og blásið stöðugt.



Mynd 3. Hitamælingar í holu NG-7.

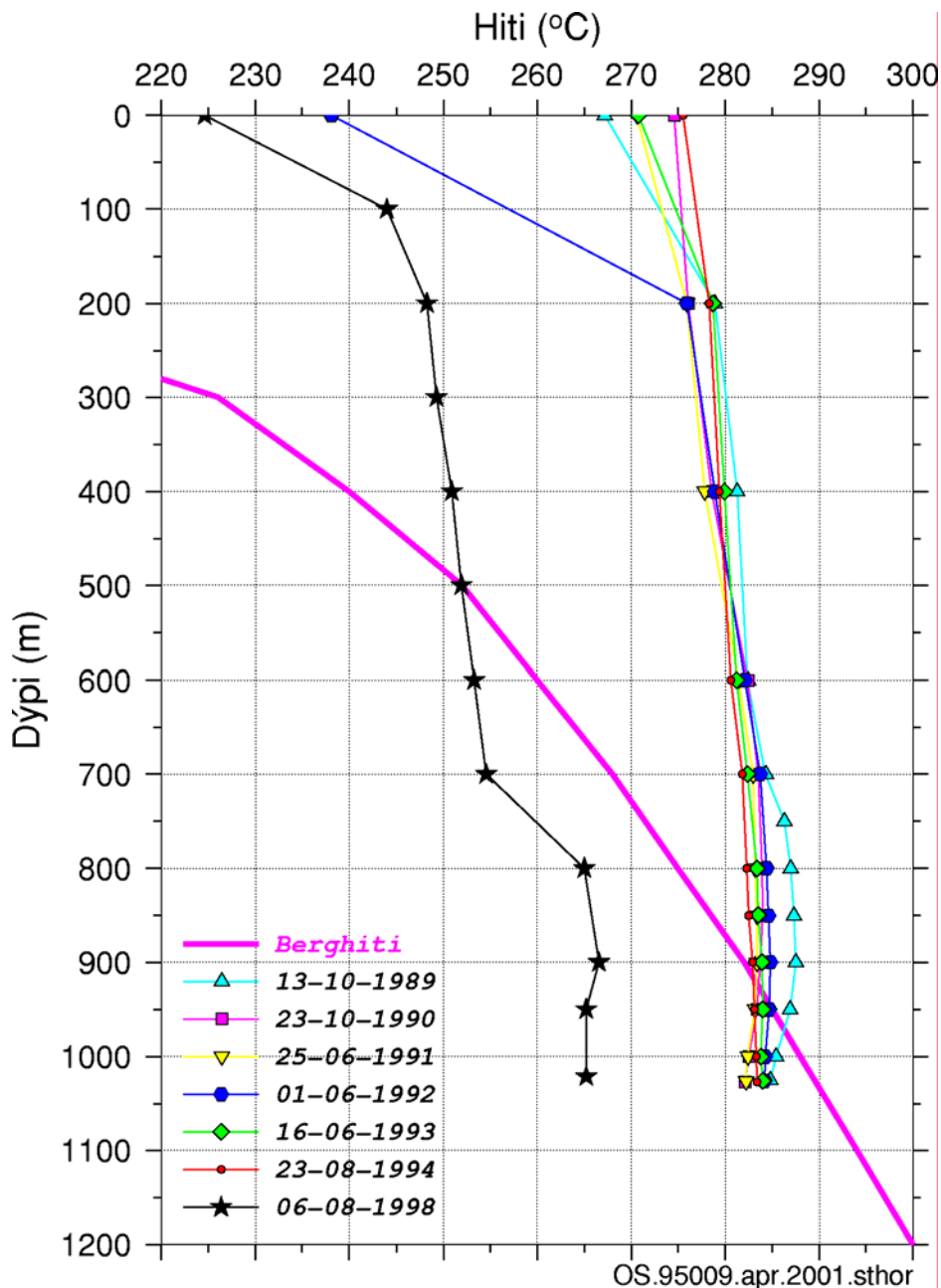
### 3.3. Hola NG-9

Hola NG-9 er ein af hávermiholunum uppi á stallinum sunnan Nesjavalla. Hún var boruð sumarið 1984 í 1055 m dýpi (tafla 1) og hóf blástur í október 1984. Fyrstu árin blés holan stöðugt, en var sett í blæðingu sumarið 1988. Frá 1994 hefur holan ýmist blásið inn á gufuveitu, út í hljóðdeyfi eða verið í blæðingu. Á árunum 1988–1994, þegar holan var höfð í blæðingu, nýttist holan til eftirlits með hita og þrýstingi í jarðhita-kerfinu og var hún mæld árlega.

Hola NG-9 var sett í blæðingu um 4–5 mm gat þann 15. maí fram til 9. október 1998. Hún var hita- og þrýstimæld 6. ágúst 1998. Greiðlega gekk að mæla og fundust engar fyrirstöður. Botn fannst á 1028 m dýpi sem er óbreytt frá árunum 1988–94. Mælingarnar eru sýndar á myndum 4 og 5, ásamt eldri mælingum. Berghita- og

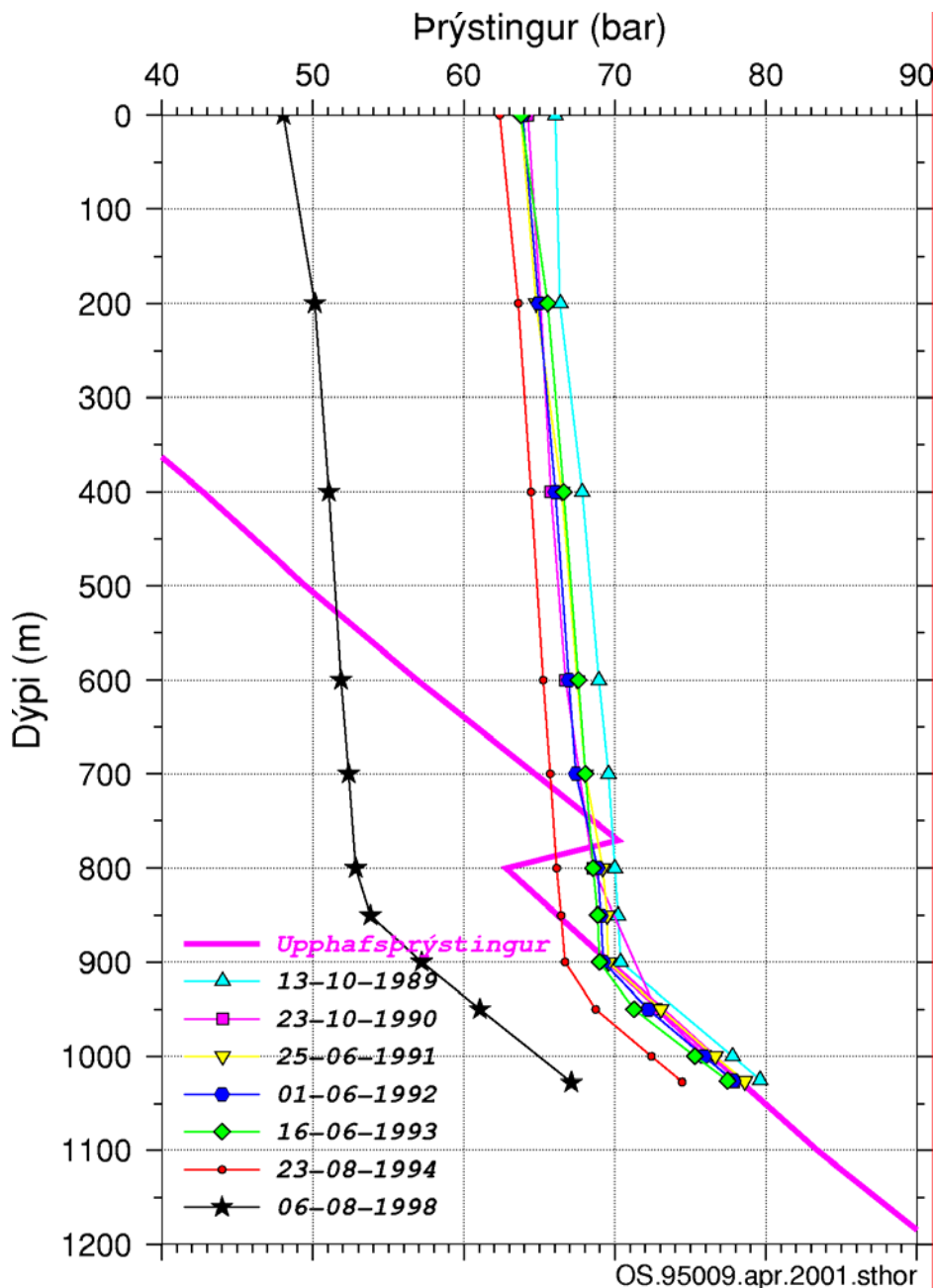


upphafsþrýstiferlar eru sýndir á myndunum til viðmiðunar. Mælingarnar 6. ágúst bera þess merki að stutt er liðið frá því holan var sett í blæðingu eftir langtíma blástur. Einnig má vera að blæðingin hafi verið nokkuð mikil (a.m.k. bendir mældur toppþrýstingur í blæðingu til þess). Þrýstingur er tiltölulega lágur í holunni miðað við fyrri mælingar og upphafsþrýsting. Hitinn er einnig mun lægri en áður, sem stjórnast óbeint af lága þrýstingnum vegna sjóðandi vatnssúlu í holunni neðan um 800 m dýpis. Hér er því ekki um raunverulega kælingu í jarðhitakerfinu að ræða heldur kælingu í holunni vegna þrýstiniðurdráttar og suðu og lætur nærri að suðukælingin neðan 800 m sé um 20°C (mynd 4).



Mynd 4. Hitamælingar í holu NG-9.

Mældur þrýstingur í ágúst 1998 er um 10 bar lægri en upphafsþrýstingur 1984 (mynd 5). Hér er annars vegar um að ræða svæðisniðurdrátt vegna vinnslu úr jarðhitakerfi Nesjavalla og hins vegar staðbundinn niðurdrátt við holuna vegna vinnslu úr henni undangengin ár. Svæðisniðurdráttur við holu NJ-19 var metinn 6 bar á árinu 1999 (Benedikt Steingrímsson og Hjalti Franzson 1999), og er líklegt að svipaðaður niðurdráttur hafi verið við holu NG-9 á árinu 1998, enda stutt á milli þessara holna og hægar breytingar milli ára. Því skýrast a.m.k. 4 bar af niðurdrættinum sem kemur fram á mynd 5 af blæstri holunnar fyrr á árinu 1998 og blæðingu yfir sumarmánuðina 1998.

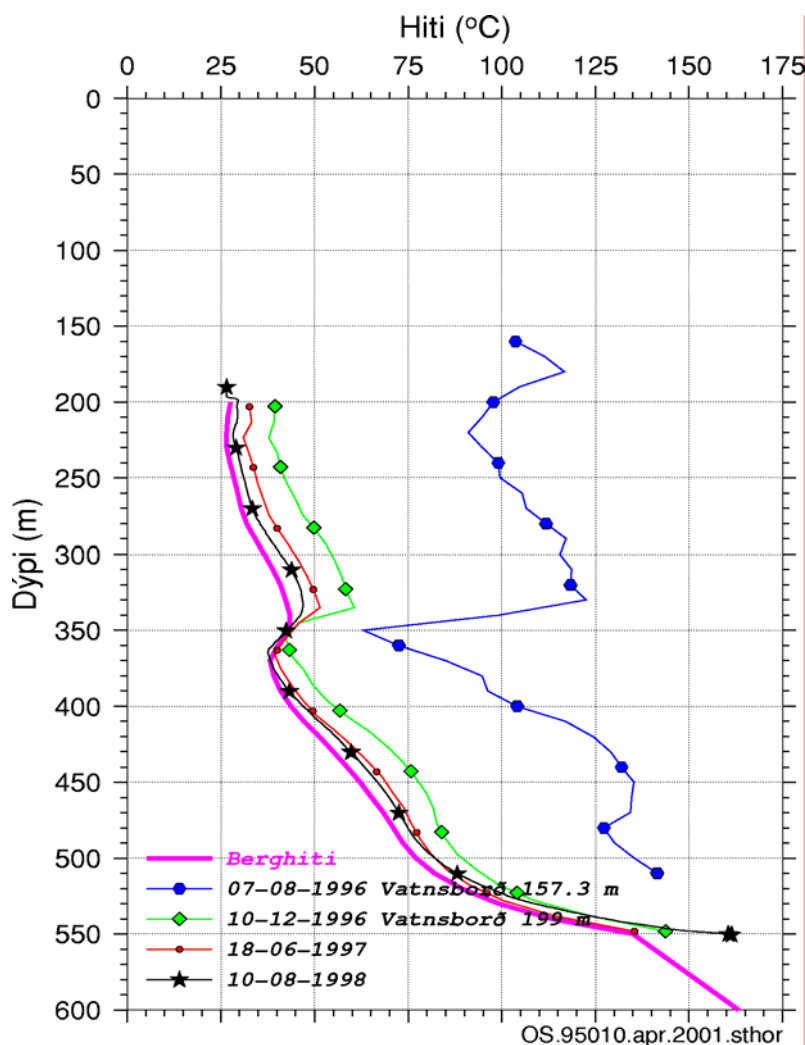


Mynd 5. Þrýstimælingar í holu NG-9.

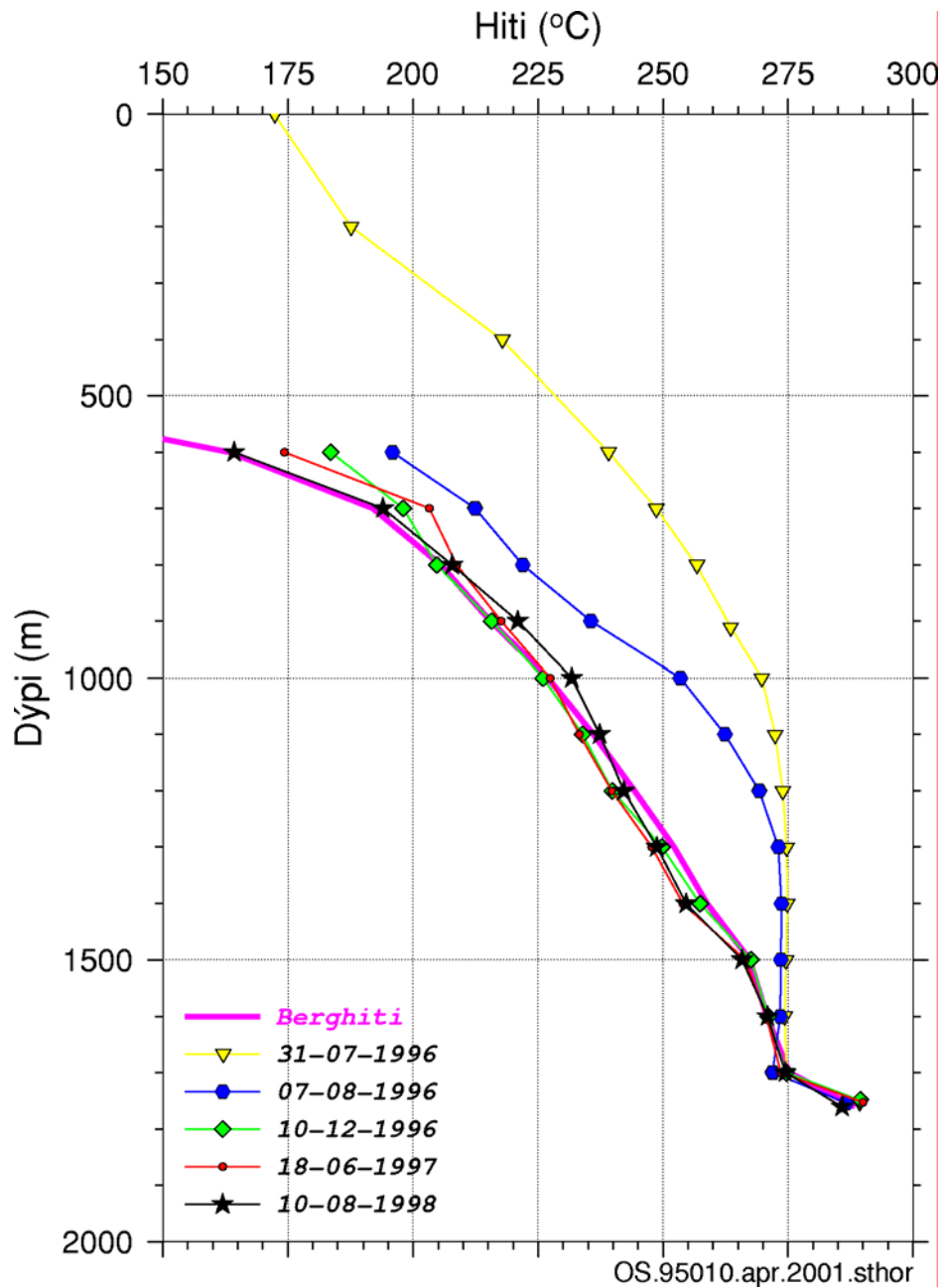
### 3.4. Hola NG-10

Hola NG-10 er í austanverðum Nesjavalladal. Hún var boruð haustið 1984 í 1798 m dýpi og er helsta vinnsluæðin talin vera á 1510 m dýpi. Hola NG-10 var blástursprófuð veturinn 1985/6 og aftur um þriggja mánaða skeið frá maí til júlí 1996. Þess fyrir utan hefur hola staðið lokuð og þrýstingslaus. Í október 1998 var hola NG-10 hleypt í blástur að nýju og hún tengd inn á gufuveitu. Er hún nú ein af vinnsluholum Nesjavallavirkjunar.

Hola NG-10 var ein af eftirlitsholunum á Nesjavöllum og var hún hita- og þrýstimæld reglulega fram til þess að hún fór í vinnslu. Síðustu mælingarnar úr holunni eru frá 10. ágúst 1998. Hitamælingarnar eru sýndar á myndum 6 og 7 ásamt nokkrum eldri mælingum og berghita. Hitabreytingar í holunni eru ekki miklar, utan þeirra sem urðu í kringum blástursprófanir á holunni. Á mynd 9 má sjá að hiti á 1500 m dýpi hefur verið nokkuð jafn, en gjarnan nokkrum gráðum undir áætluðum berghita. Á 1000 m dýpi hefur hiti hins vegar yfirleitt mælst nokkrum gráðum ofan við áætlaðan berghita og var í mælingunni 1998 um 5°C hærri. Ekki hefur þó þótt ástæða til að endurskoða berg-hitaferilinn.

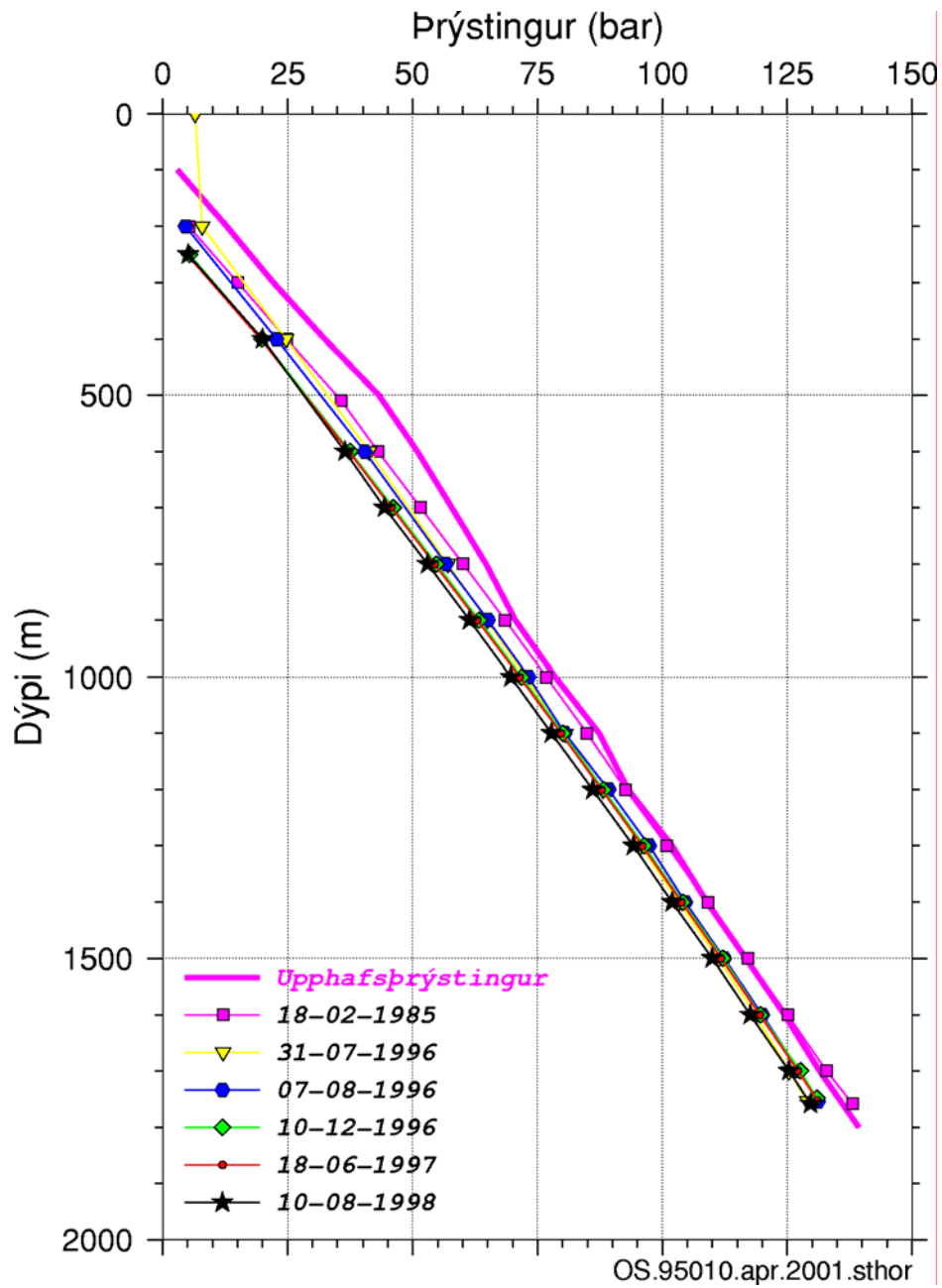


Mynd 6. Hitamælingar innan fóðringar í holu NG-10.

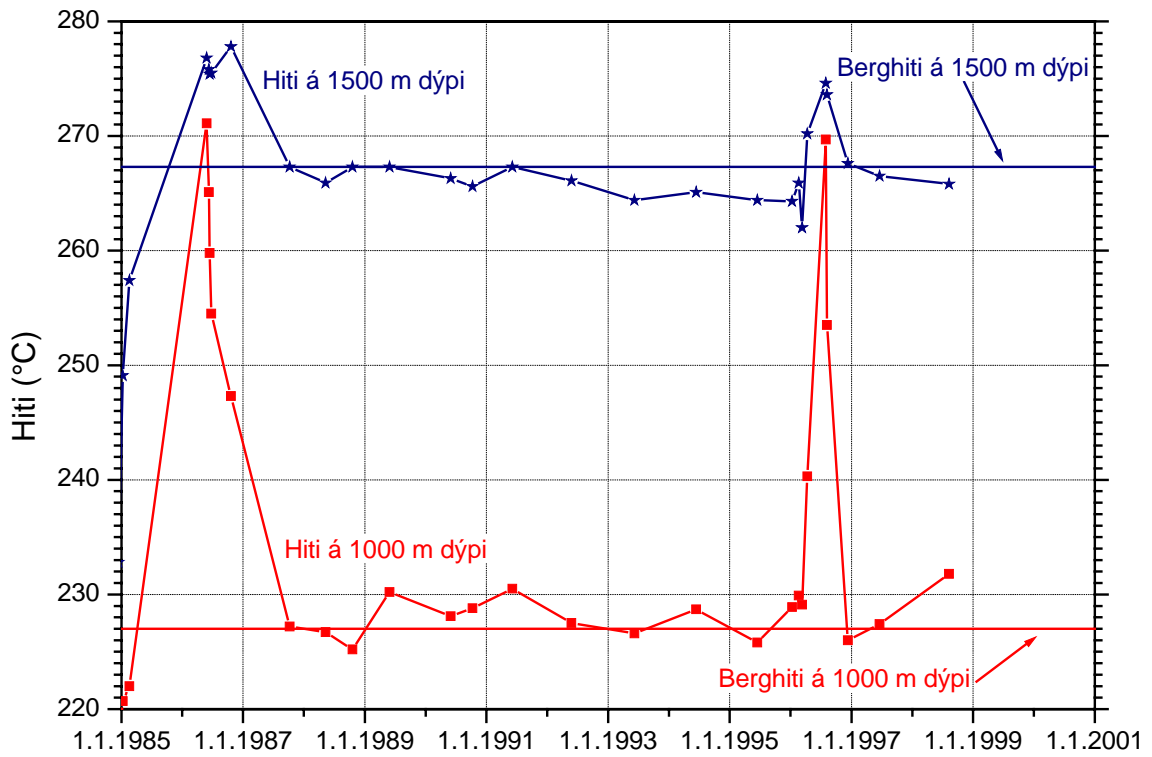


Mynd 7. Hitamælingar í holu NG-10.

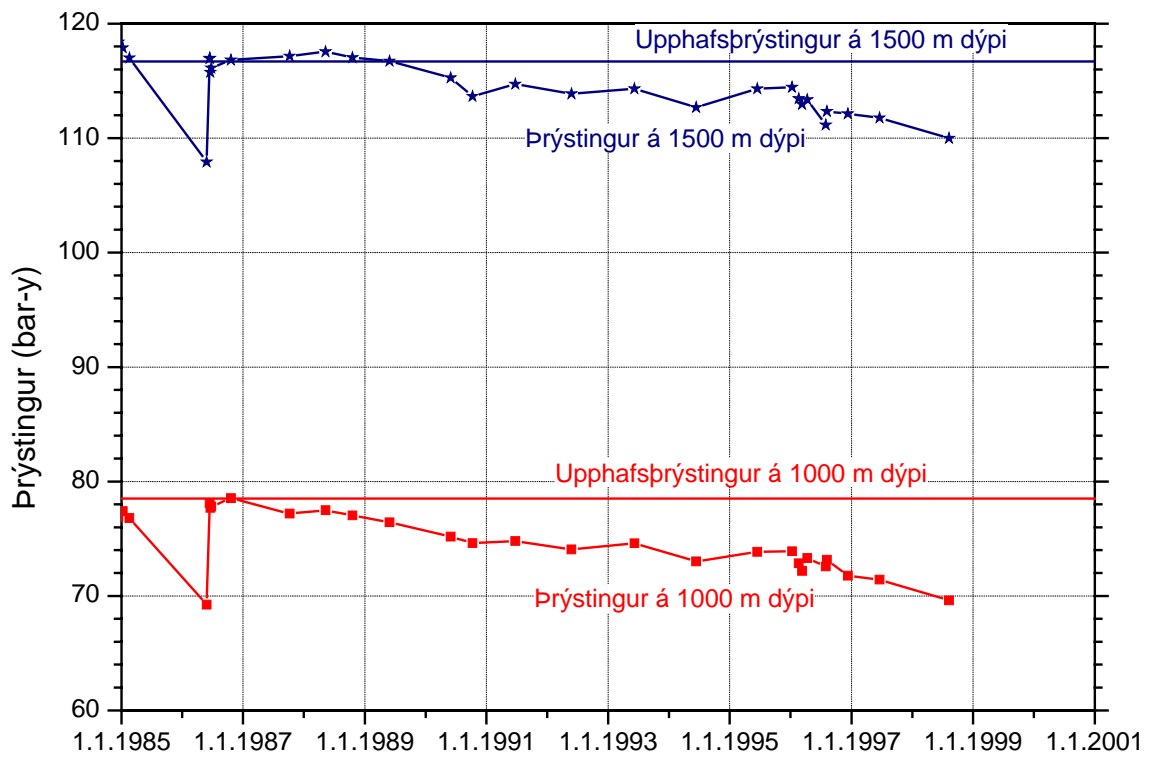
Þrýstimælingin er sýnd á mynd 8 ásamt nokkrum eldri mælingum og upphafsþrýstingi (frá 1984), auk þess sem þrýstibreytingar á 1000 m og 1500 m dýpi eru sýndar á mynd 10. Þessar myndir sýna að þrýstingur hefur lækkað á tímabilinu 1984–1998 um ~7 bar á 1500 m dýpi, við helstu vatnsæð holunnar. Þrýstilækkunin virðist hafa verið nokkuð jöfn í gegnum tíðina, með smávægilegum truflunum kringum blásturinn 1996.



Mynd 8. Þrýstimælingar í holu NG-10.



Mynd 9. Hiti á 1000 m og 1500 m dýpi í holu NG-10.



Mynd 10. Prýstingur á 1000 m og 1500 m dýpi í holu NG-10.

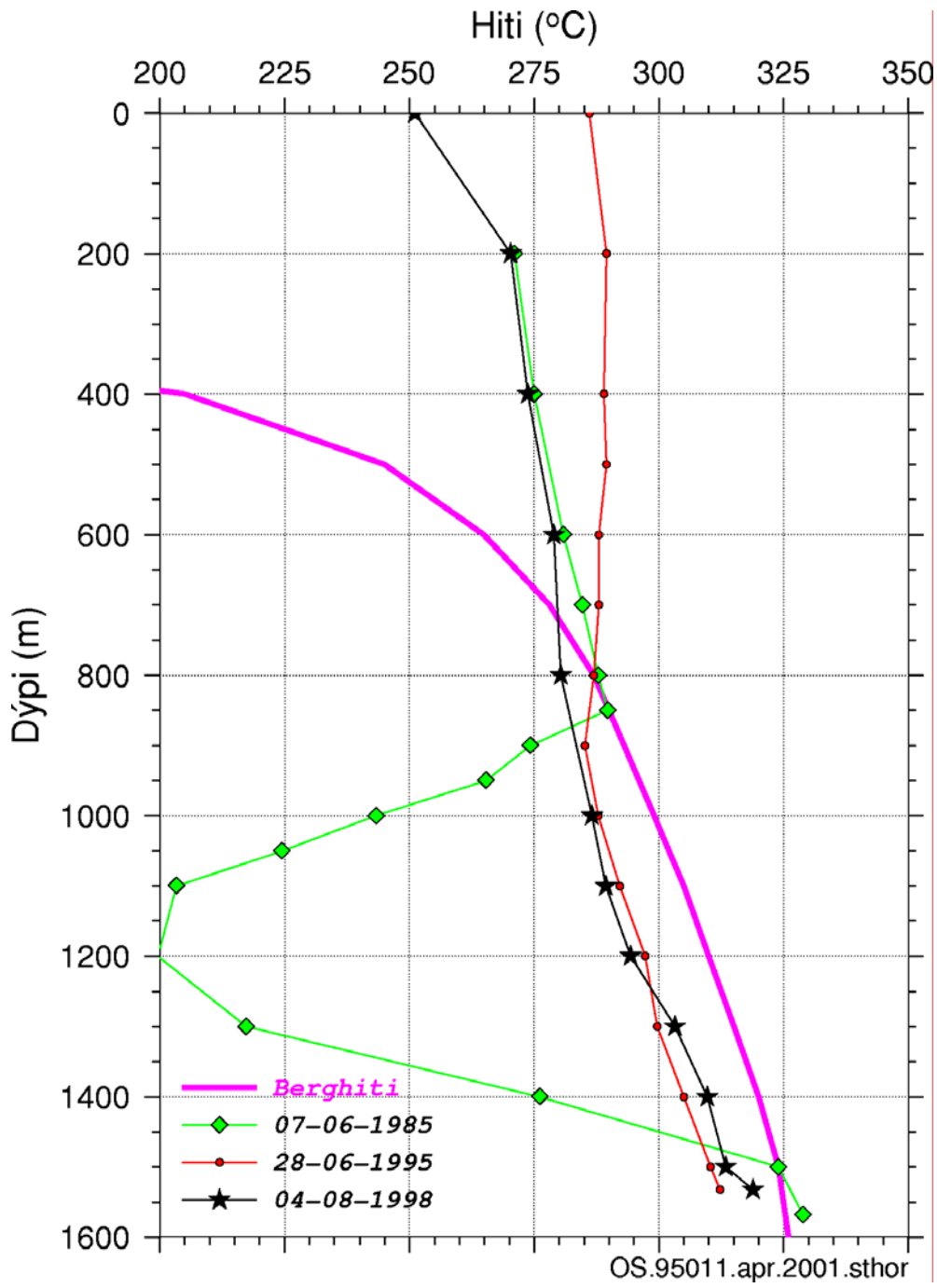
### 3.5. Hola NJ-11

Hola NJ-11 er í Nesjavalladal skammt austan gossprungunnar í Kýrdalsbrúnum. Hún var boruð vorið 1985 í 2265 m og er hún dýpsta hola á Nesjavöllum. Holan er þó ekki opin niður á þetta dýpi, því nauðsynlegt reyndist í lok borverksins að setja mól í holuna til að kæfa mjög heitar ( $>380^{\circ}\text{C}$ ) og háþrýstar ( $>200$  bar) æðar við holubotn. Með æðarnar í gosi var ekki mögulegt að setja leiðara í holuna og því var gripið til þess ráðs að loka á æðarnar með mól. Í lóðun fannst efri brún malartappans á 1584 m dýpi, engu að síður slökuðu bormenn leiðaranum niður í 1607 m (tafla 1). Í upphitun eftir borun mældist botn á 1570 m.

Hola NJ-11 fór í blástur í júní 1985 og hefur hún blásið nær samfelld síðan. Þetta er hávermihola og mjög háþrýst. Fyrstu árin blés hola út í hljóðdeyfi, en frá 1990 hefur hún verið tengd gufuveitunni og verið nýtt fyrir Nesjavallavirkjun. Í rekstrarhléum hefur hola ymist blásið út í hljóðdeyfi, eða verið í blæðingu.

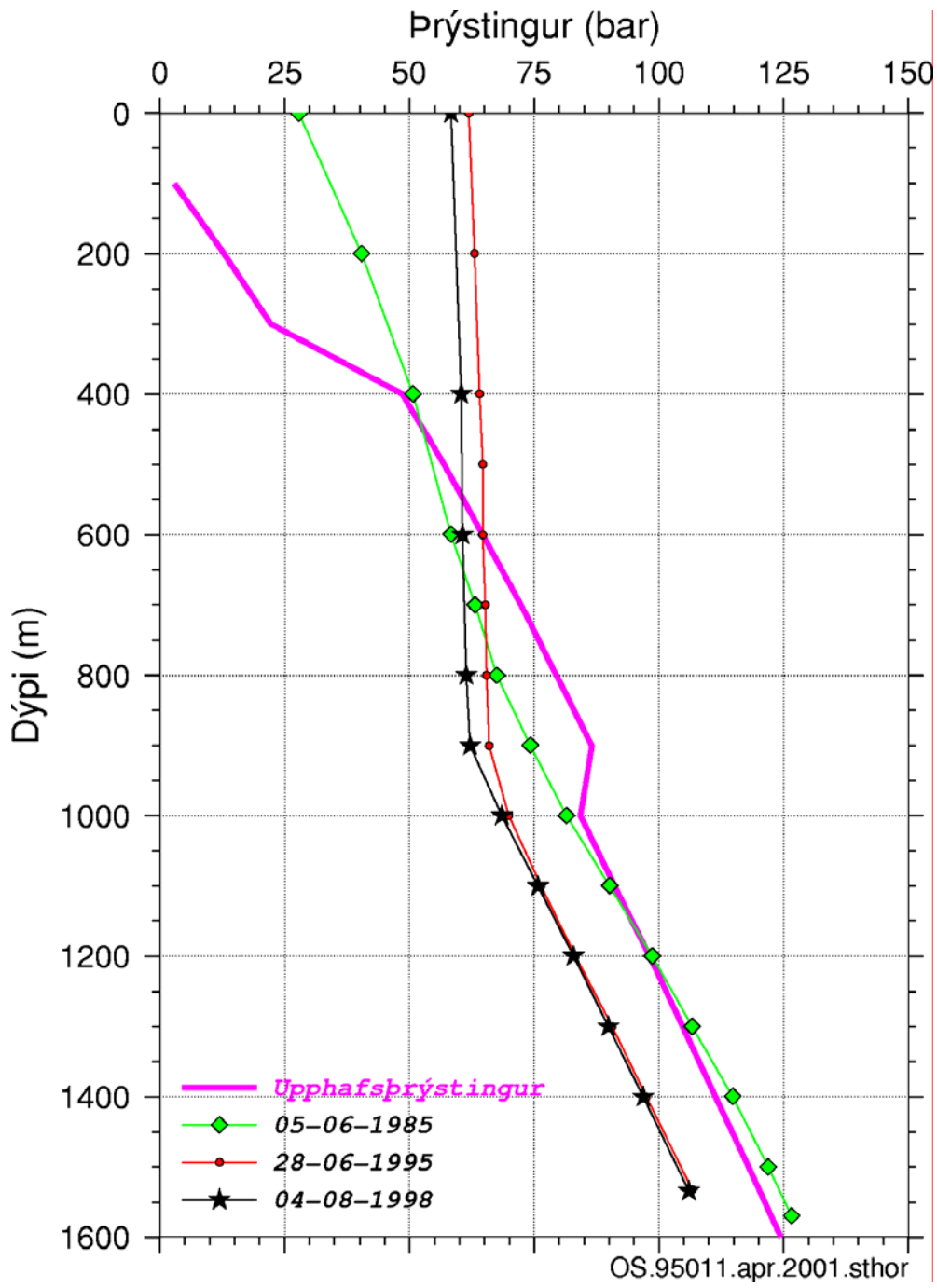
Í rekstrahléinu sumarið 1998, á meðan lokið var við endurbyggingu orkuversins, var hola í blæðingu frá 5. maí til 27. ágúst. Hún var hita- og þrýstimæld 4. ágúst, en hafði einungis verið mæld einu sinni frá því árið 1985, en það var í júní 1995. Þá var hún einnig mæld eftir að hafa verið í blæðingu um tíma. Í bæði þessi skipti mældist botn á 1532 m dýpi. Hita- og þrýstimælingarnar í ágúst 1998 eru sýndar á myndum 11 og 12 ásamt eldri mælingum. Í samanburði við mælingarnar 1995 má sjá að hiti og þrýstingur er svipaður. Holan er heldur heitari neðan 1300 m dýpis ( $\sim 5^{\circ}\text{C}$ ), en þrýstingur er nánast sá sami. Ekki má þó gera of mikið úr þessum samanburði þar sem bæði hiti og þrýstingur er í báðum tilvikum truflaður af undangenginni vinnslu og suðu í holunni.

Helsta vinnsluæð hola NJ-11 er á 1226 m dýpi. Samanburður við berghita og upphafsþrýsting nærri æðinni sýnir um  $10^{\circ}\text{C}$  kælingu og þrýstilækkun upp á 15 bar. Hér er þrýstilækkunin meginatriðið þar sem kælingin er tilkomin vegna suðu. Þrýstilækkunin er eins og í öðrum vinnsluholum af tvennum toga þ.e. staðbundinn niðurdráttur annars vegar og svæðisniðurdráttur hins vegar. Sú eftirlitshola á Nesjavöllum sem sýnt hefur mestan niðurdrátt er hola NG-7, næsta hola austan NJ-11. Þar var niðurdrátturinn metinn 11 bar frá 1983 til 1997. Þessi mikli niðurdráttur hefur verið skýrður með því að hola NG-7 væri í greiðu sambandi við blásandi hola, og hefur hola NJ-11 þótt líklegur sökudólgur. Samkvæmt þessum hugmyndum er svæðisniðurdrátturinn við hola NG-7 minni en 11 bar. Ef litið er til fleira eftirlitsholna er svæðisniðurdráttur við hola NG-7 og NJ-11 trúlega á bilinu 7–10 bar.



Mynd 11. Hitamælingar í holu NJ-11.



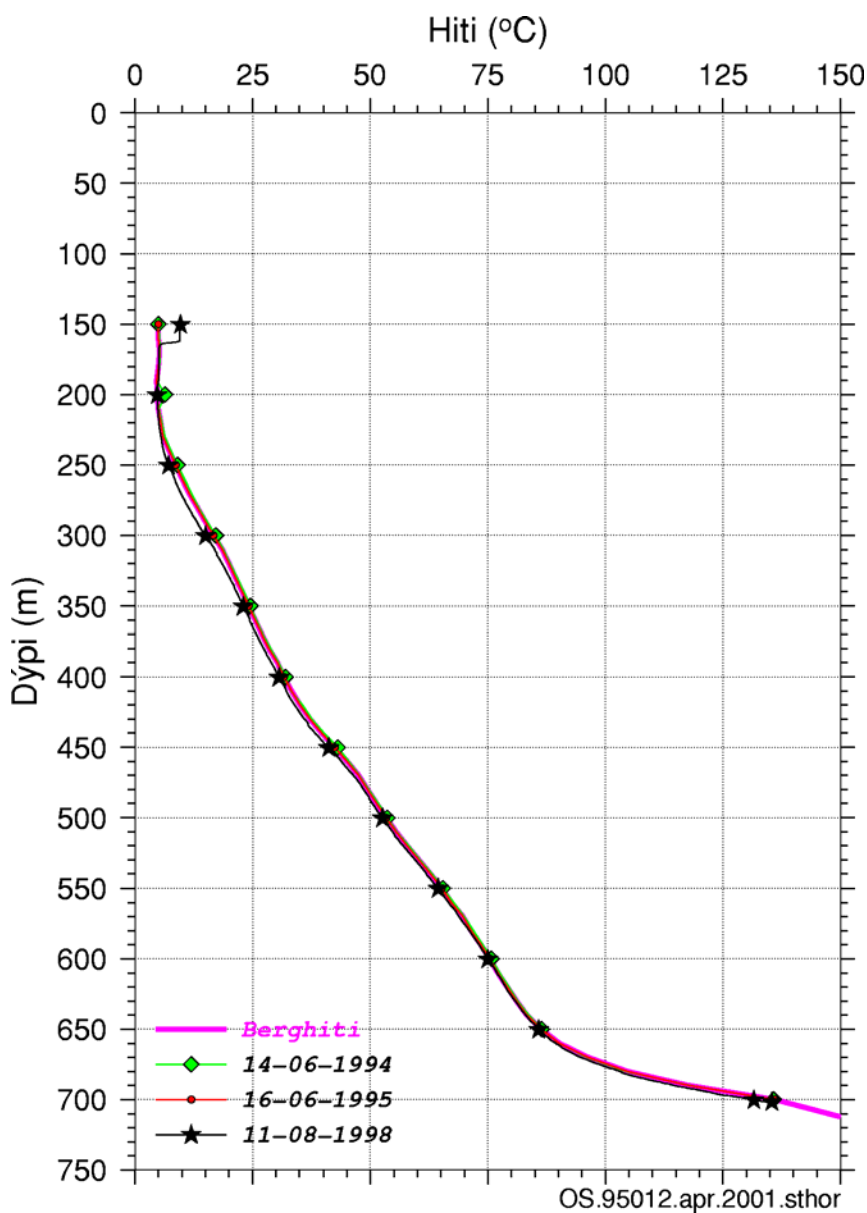


Mynd 12. Þrýstimælingar í holu NJ-11.

### 3.6. Hola NJ-12

Hola NJ-12 var boruð í Kýrdal sumarið 1985 í 1856 m dýpi. Holan var blástursprófuð veturinn 1985-86, en hefur staðið lokuð síðan í júní 1986. Holan féll inn í hið árlega mælingaefirlit fram til ársins 1994, þegar mælar festust á 1168 m dýpi í holunni og urðu þar eftir. (Ómar Sigurðsson 1994). Hola NJ-12 stendur þrýstingslaus og er hún vatnsborðsmæld vikulega.

Hola NJ-12 var hitamæld niður á 700 m dýpi í ágúst 1998. Mælingin er sýnd á mynd 13 ásamt nokkrum eldri mælingum og berghitaferli frá 1985. Engar breytingar sjást í hita í holunni ofan 700 m frá 1985.

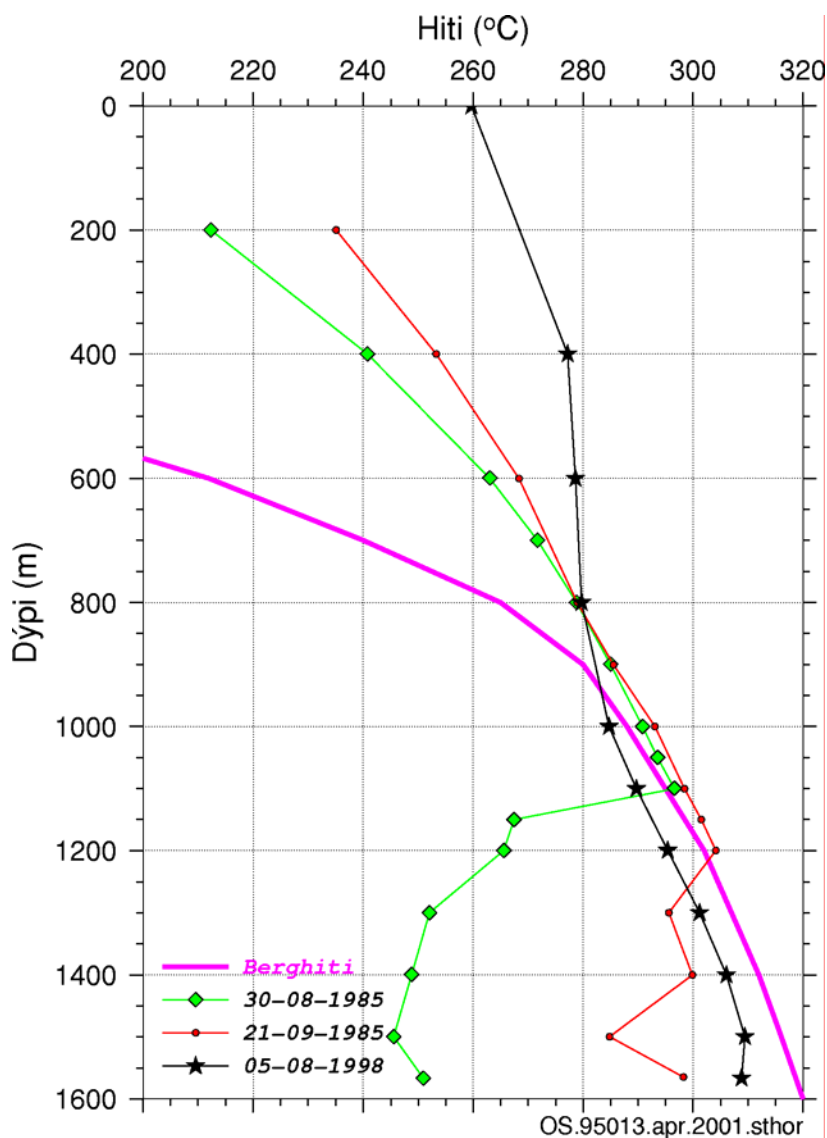


Mynd 13. Hitamælingar innan fôðringar í holu NJ-12.

### 3.7. Hóla NJ-13

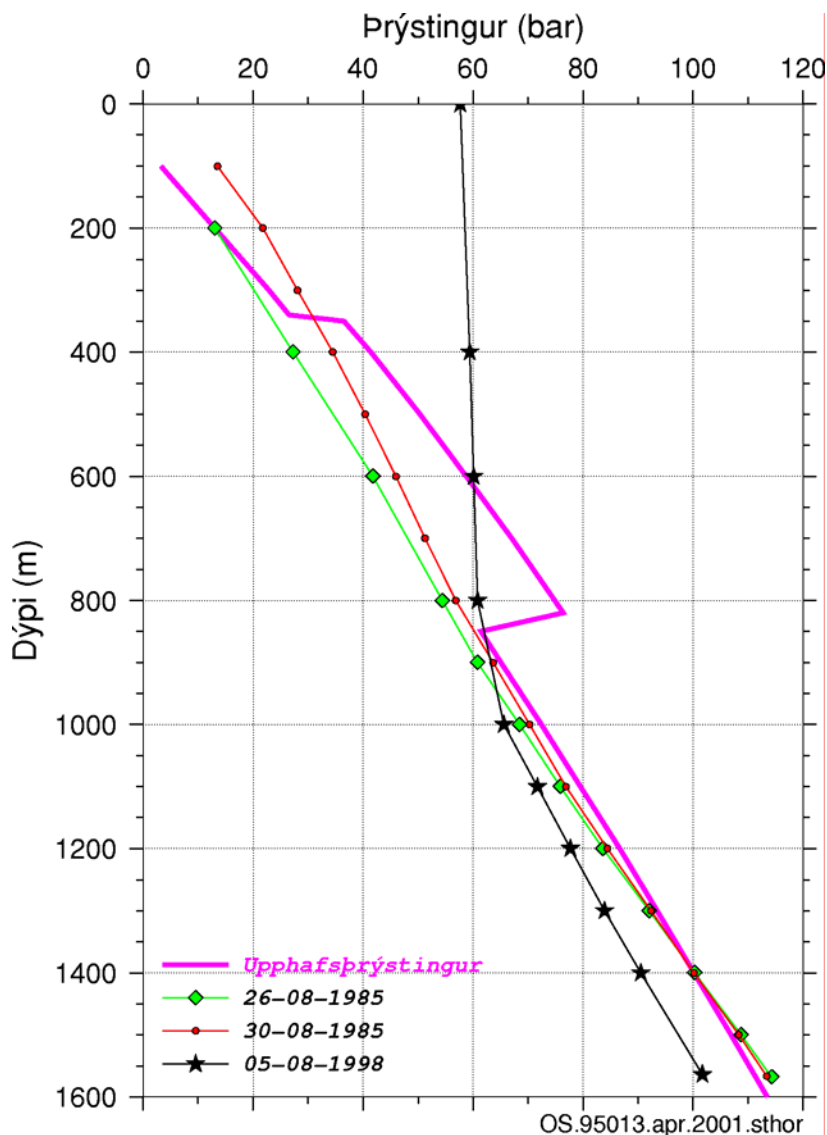
Hóla NJ-13 er ein af hávermiholunum uppi á stallinum sunnan Nesjavalla. Hún var boruð sumarið 1985 í 1609 m dýpi og fór í blástur í september það ár. NJ-13 hefur blásið nánast stanslaust síðan, fyrst út í hljóðdeyfi en inn á gufuveitu eftir að Nesjavallavirkjun var tekin í rekstur haustið 1990.

Sumarið 1998 var hóla NJ-13 í blæðingu á meðan lokið var við endurbyggingu Nesjavallavirkjunar. Blæðingin hófst 15. maí og stóð til 18. september. Hólan var hita- og þrýstimæld 5. ágúst 1998, en hún hafði þá ekki verið mæld síðan í september 1985. Mælarnir runnu fyrirstöðulaust í botn, sem reyndist vera á 1564–7 m dýpi, sem er sama dýpi og mældist í upphitun eftir borun (1565-9 m). Hitamælingin, ásamt áætluðum upphafshita og tveimur mælingum í upphitun eftir borun, er sýnd á mynd 14.



Mynd 14. Hitamælingar í hólunni NJ-13.

Þrýstimælingin, ásamt tveimur mælingum í upphitun eftir borun auk áætlaðs upphafsþrýstings, er sýnd á mynd 15. Þrýstimælingin sýnir að gas og gufa ríkja niður á 1000 m dýpi í holunni. Neðan 1000 m er hiti 5–10°C lægri en berghiti og þrýstingur um 7–10 bar lægri en upphafsþrýstingur. Helsta vinnsluæð holu NJ-13 er á 1363 m dýpi og er niðurdráttur við æðina um 9 bar. Suða er ríkjandi í holunni allt niður undir botn og er kælingin bein afleiðing af þrýstiniðurdrættinum, sem aftur er afleiðing af vinnslu úr svæðinu og blæstri holunnar fyrir á árinu. Svæðisniðurdráttur uppi á stallinum var metinn um 6 bar fyrir tímabilið 1985–1999, eins og nefnt hefur verið fyrir í þessari skýrslu (kaflí 3.3). Samkvæmt því var staðbundinn niðurdráttur vegna blásturs holu NJ-13 a.m.k. 3 bar í ágúst 1998. Holan virðist því hafa jafnað sig í þrýstingi hraðar sumarið 1998 en t.d. hola NG-6 en ámóta hratt og hola NG-9. Þarna kann blæðingin hafa haft eitthvað að segja. Blæðing í holu NG-6 sumarið 1998 virðist hafa verið nokkuð hressileg.

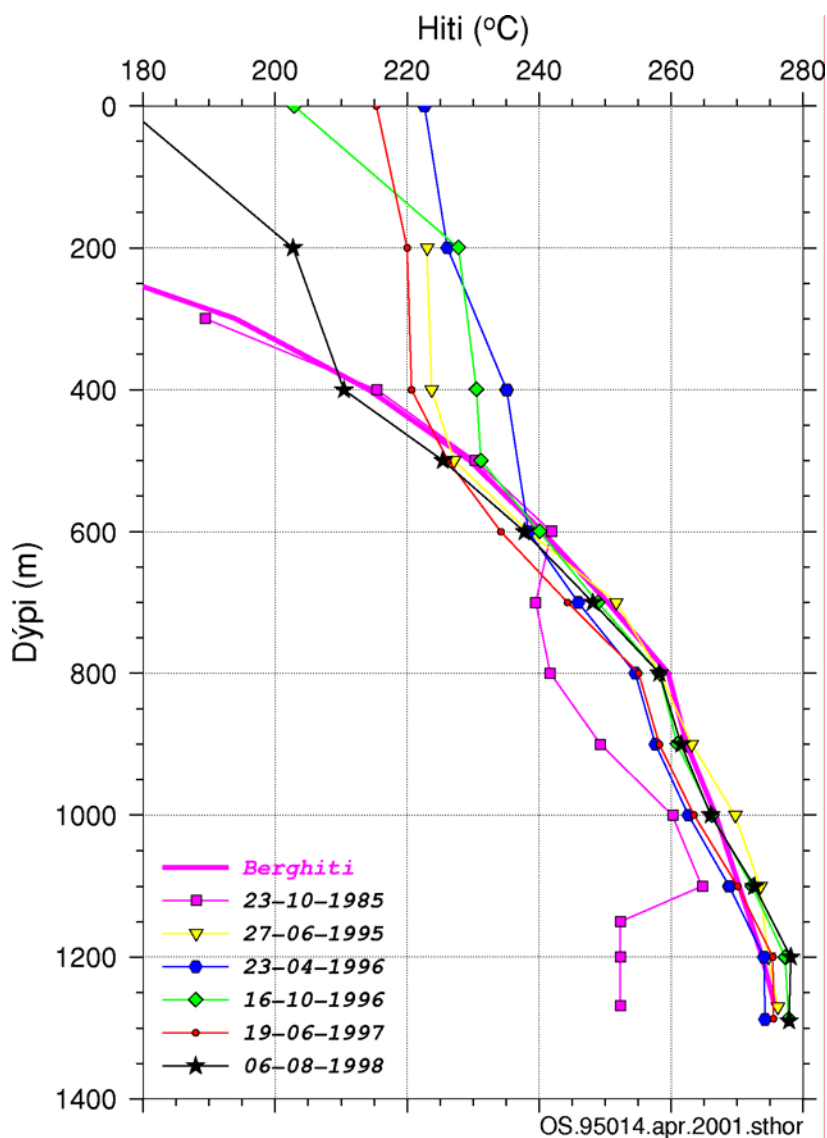


Mynd 15. Þrýstimælingar í holu NJ-13.

### 3.8. HOLA NJ-14

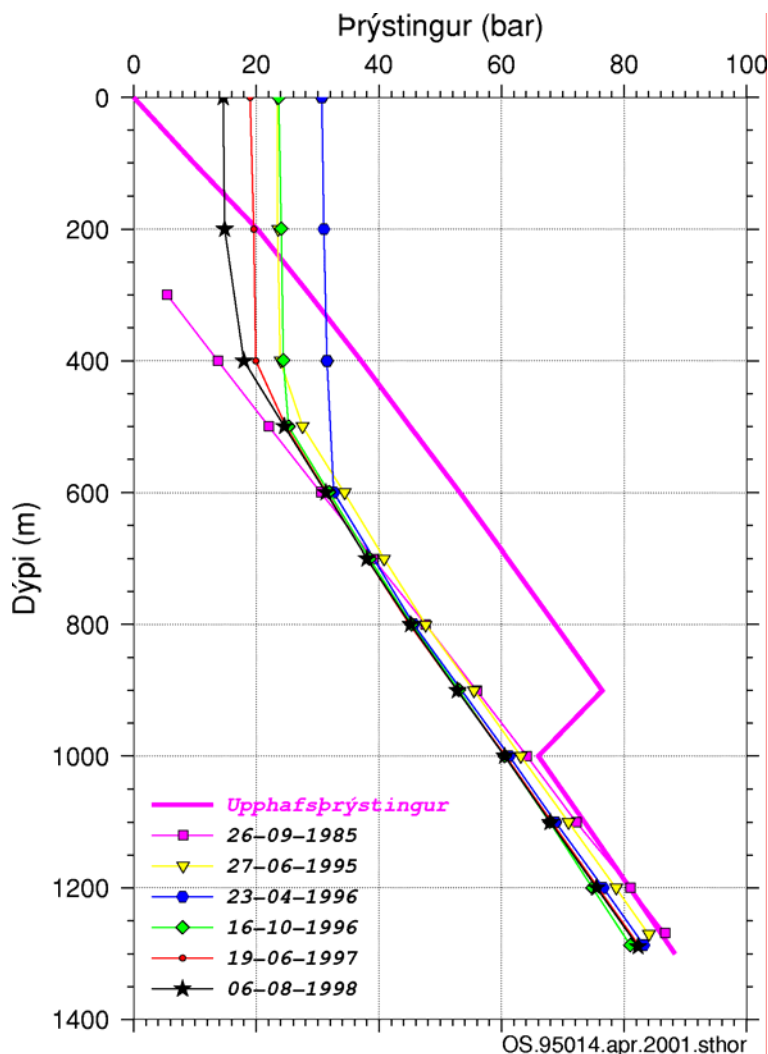
Hola NJ-14 er í norðurhlíðum Hengils, í suðausturhorni borsvæðisins á Nesjavöllum. Hún var boruð haustið 1985 í 1304 m dýpi og eru helstu vinnsluæðar á 1120–1155 m dýpi og niður undir botni. Hola NJ-14 var blástursprófuð veturinn 1985/6 og aftur um þriggja mánaða skeið í ársbyrjun 1996. Þess fyrir utan var hola í stöðugri blæðingu. Í október 1998 var hola NJ-14 hleypt í blástur að nýju og hún tengd inn á gufuveitu. Er hún nú ein af vinnsluholum Nesjavallavirkjunar.

Hola NJ-14 var ein af eftirlitsholum á Nesjavöllum og var hún hita- og þrýstimæld reglulega fram til þess að hún fór í vinnslu. Síðustu mælingarnar í holunni voru gerðar 6. ágúst 1998. Þær eru sýndar á myndum 16 og 17, ásamt nokkrum eldri mælingum og berghita og upphafsþrýstingi



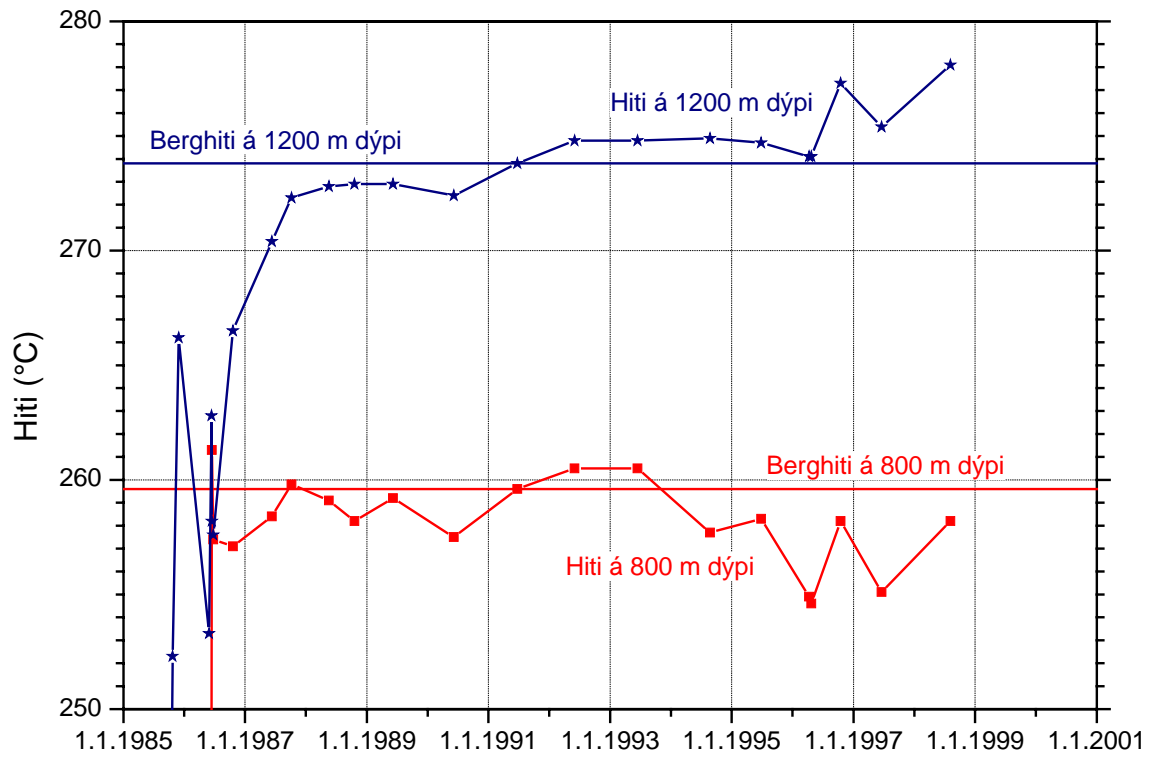
Mynd 16. Hitamælingar í holu NJ-14.

Hitamælingin 1998 er áþekk fyrri mælingum (mynd 16) og sveiflast hitinn djúpt í holunni í kringum áætlaðan berghita. Ofan 500–600 m dýpis er hins vegar suða í holunni og ræðst hiti þar því af blæðingu á hverjum tíma. Á mynd 18 er sýnd þróun hita á 800 og 1200 m dýpi. Þar má sjá að hiti fór hækkandi í holunni fram til 1996, en eftir það eru mæligildin breytilegri og hiti fremur lækkandi á 800 m en hækkandi á 1200 m dýpi. Þetta eru þó aðeins breytingar um fáeinar gráður og líklegt að kvörðun hita-mælanna skipti máli.

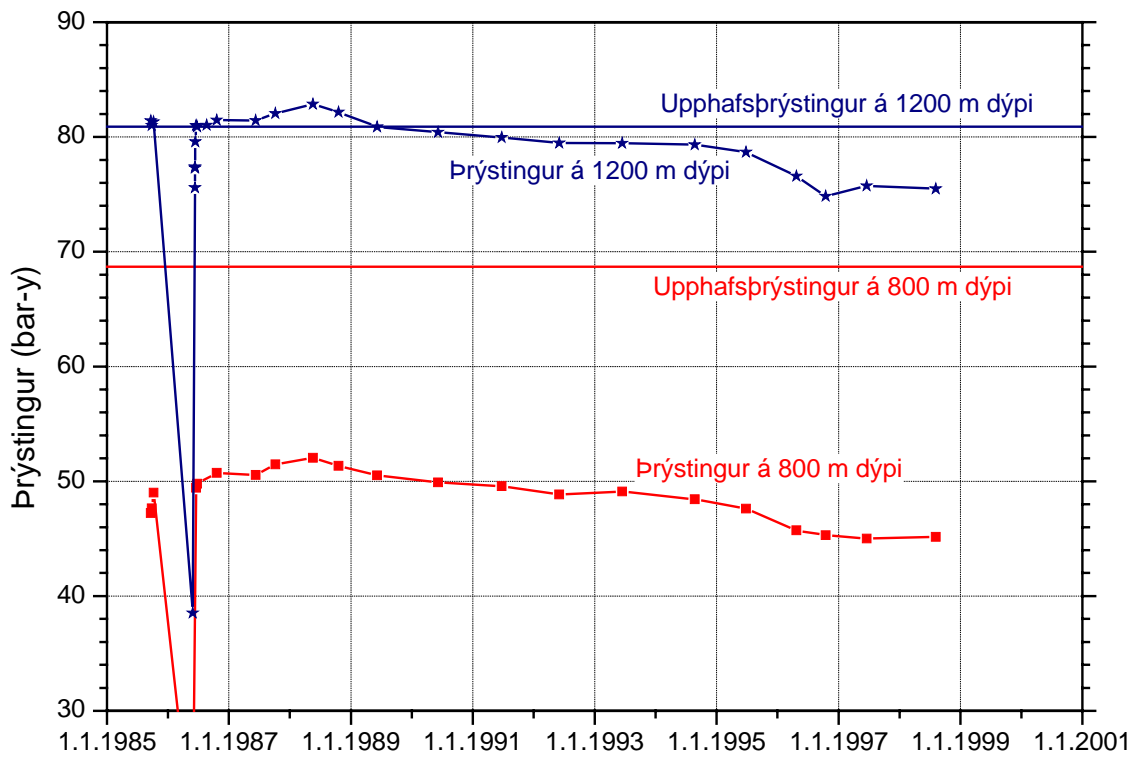


Mynd 17. Þrýstimælingar í holu NJ-14.

Myndir 17 og 19 sýna að þrýstingur í holu NJ-14 hefur lítið breyst allra síðustu árin. Ef mælingarnar eru hins vegar skoðaðar yfir allt tímabilið virðist þrýstingur lækka að meðaltali um ~0,7 bar/ár, bæði á 800 m og 1200 m dýpi. Samanburður við upphafsprýsting sýnir að þrýstilækkunin við helstu vinnsluæðar holu NJ-14 er um 5–6 bar frá 1985 til 1998. Þetta fellur vel að mældum (eða áætluðum) niðurdrætti í öðrum holum í nágrenni holu NJ-14. Þá má nefna að mældur þrýstingur í holu NJ-20, sem boruð var rétt hjá holu NJ-14 sumarið 1999, var um 6–7 bar lægri en upphafsprýstingur við NJ-14 (Benedikt Steingrímsson 1999).



Mynd 18. Hiti á 800 m og 1200 m dýpi í holu NJ-14.



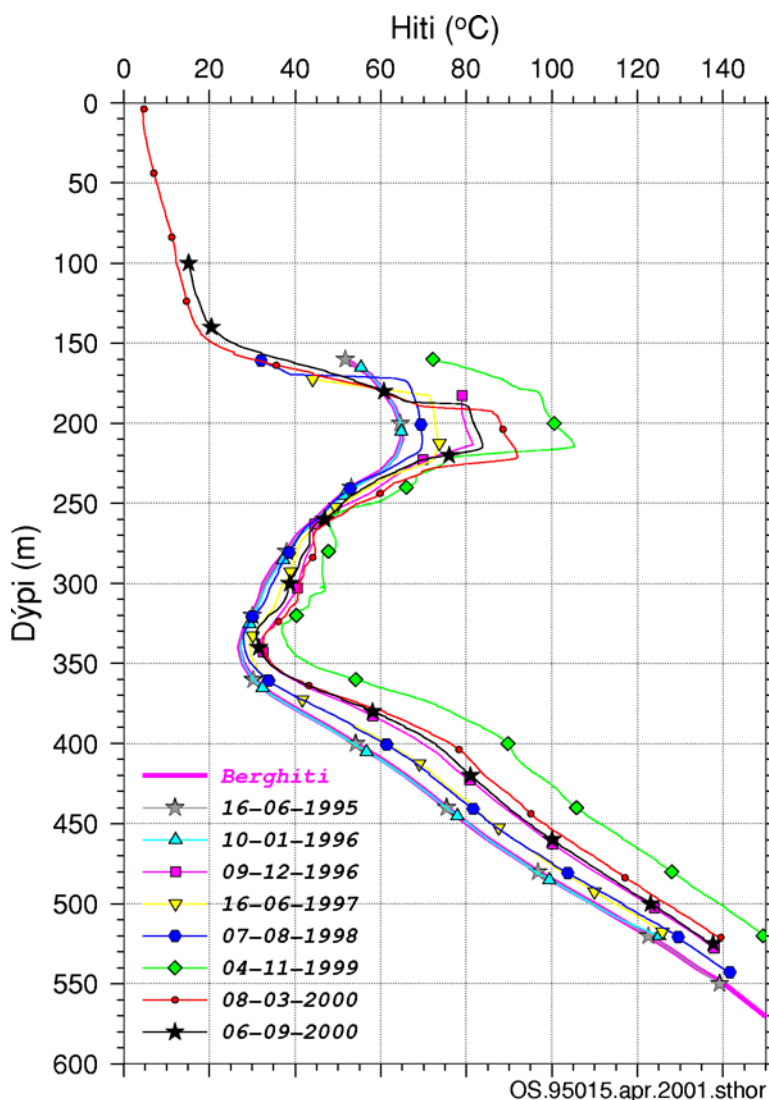
Mynd 19. Prýstingur á 1200 m dýpi í holu NJ-14.

### 3.9. HOLA NJ-15

Hola NJ-15 er í austanverðum Nesjavalladal, við Stangarháls. Hún var boruð haustið 1985 í 1748 m dýpi og er helsta vinnsluæðin talin vera á 1422 m dýpi. Holan var blástursprófuð frá 4. desember 1986 til 13. júlí 1987 og aftur frá 19. febrúar til 19. júní 1996. Þess fyrir utan hefur hún staðið lokuð og þrýstingslaus. Í október 1998 var holu NJ-15 hleypt í blástur að nýju og hún tengd inn á gufuveitu. Holan var tekin úr vinnslu 23. júlí 1999 og hefur hún staðið þrýstingslaus síðan.

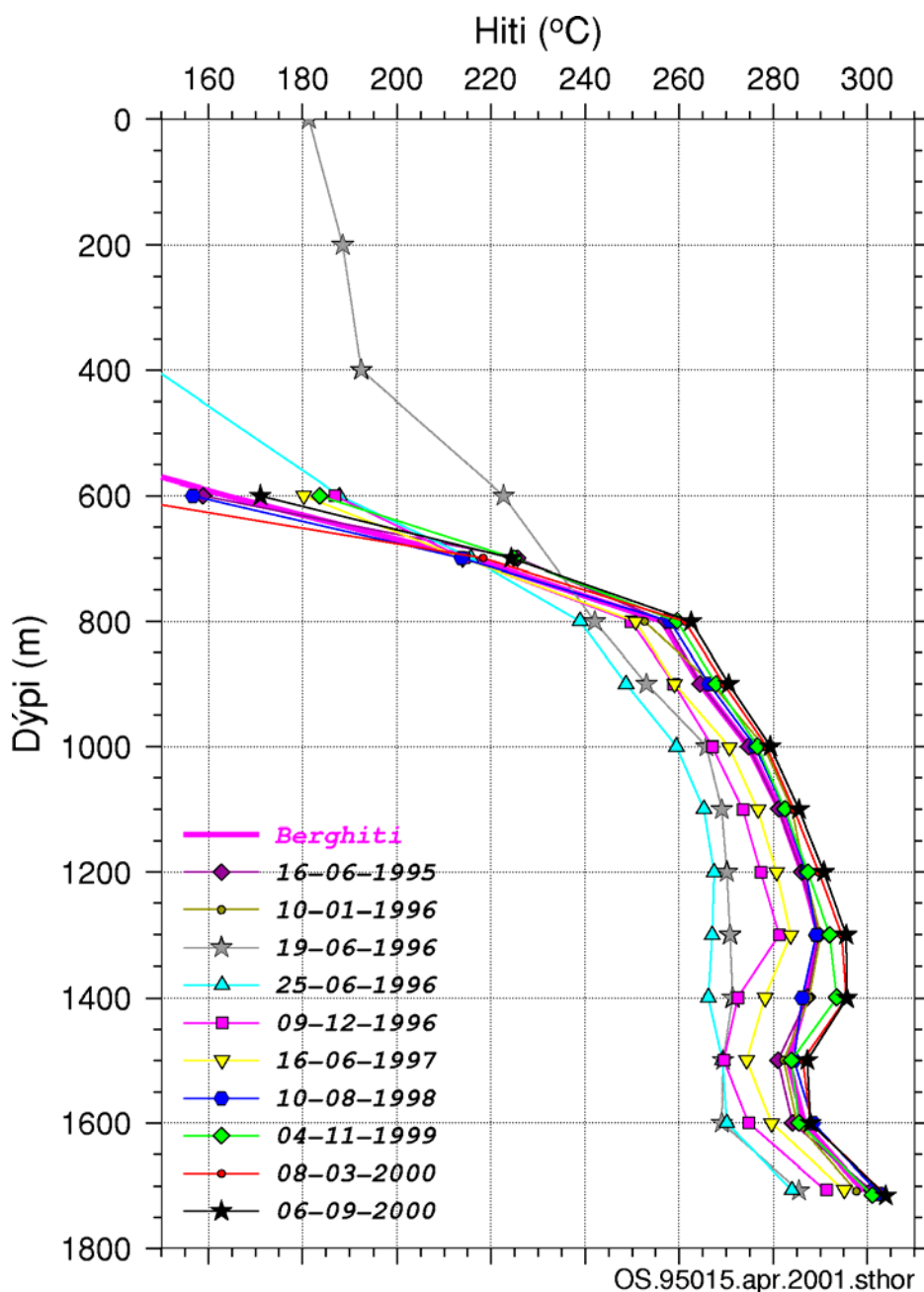
Hola NJ-15 er nú ein fárra holna á Nesjavöllum sem tiltæk er til eftirlits með hita og þrýstingi og er það m.a. ástæða þess að hún fékk hvíld frá vinnslu. Síðustu þrjú árin hefur hún verið mæld í ágúst 1998, nóvember 1999, mars 2000 og september 2000.

Hitamælingarnar, ásamt nokkrum eldri mælingum, eru sýndar á myndum 20 og 21 og áætluðum berghitaferli, auk þess sem hitabreytingar með tíma á 1000 m og 1500 m dýpi eru sýndar á mynd 23, en helsta vinnsluæð holunnar er á 1422 m dýpi.



Mynd 20. Hitamælingar innan fóðringar í holu NJ-15.



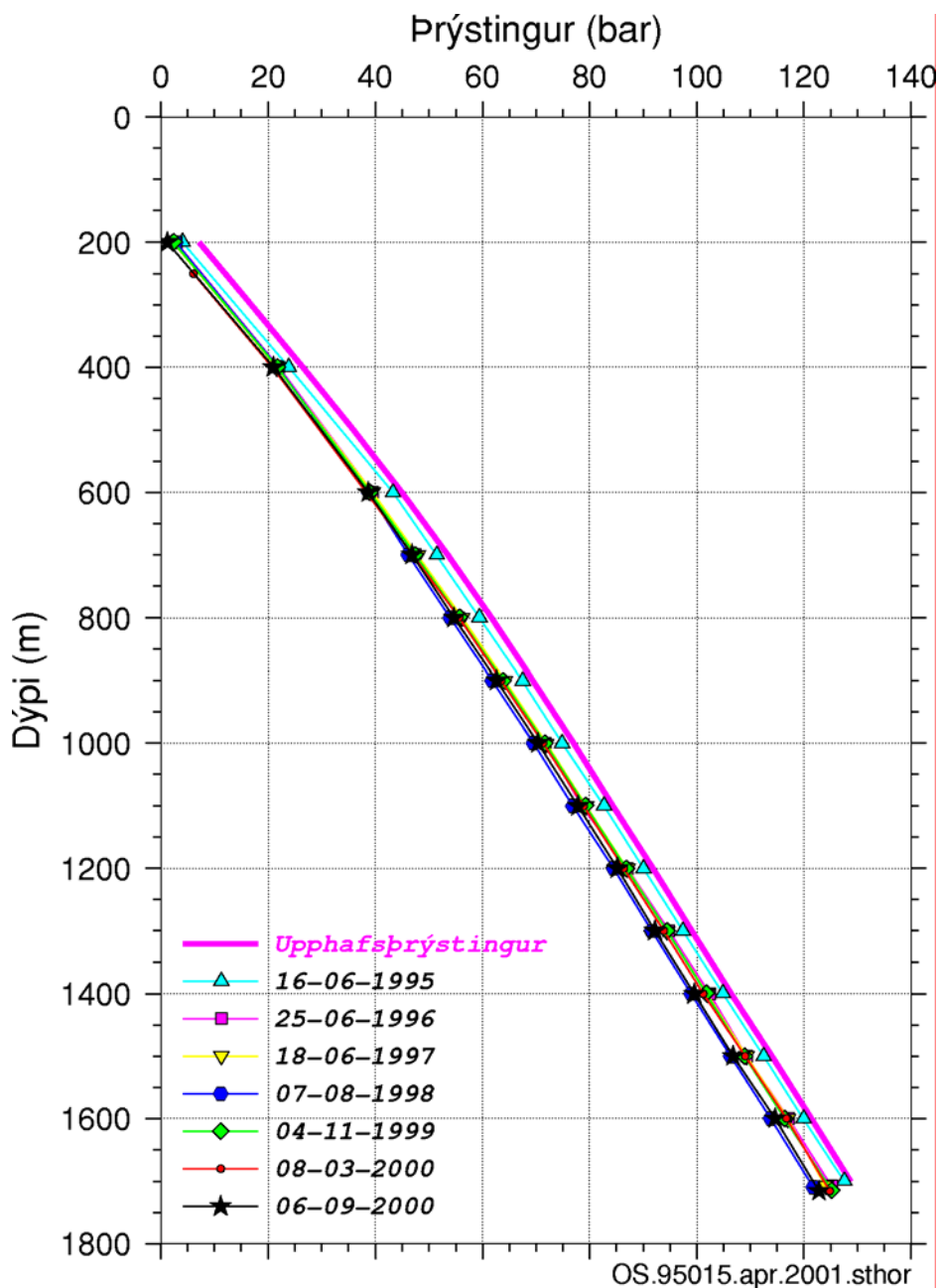


Mynd 21. Hitamælingar í holu NJ-15.

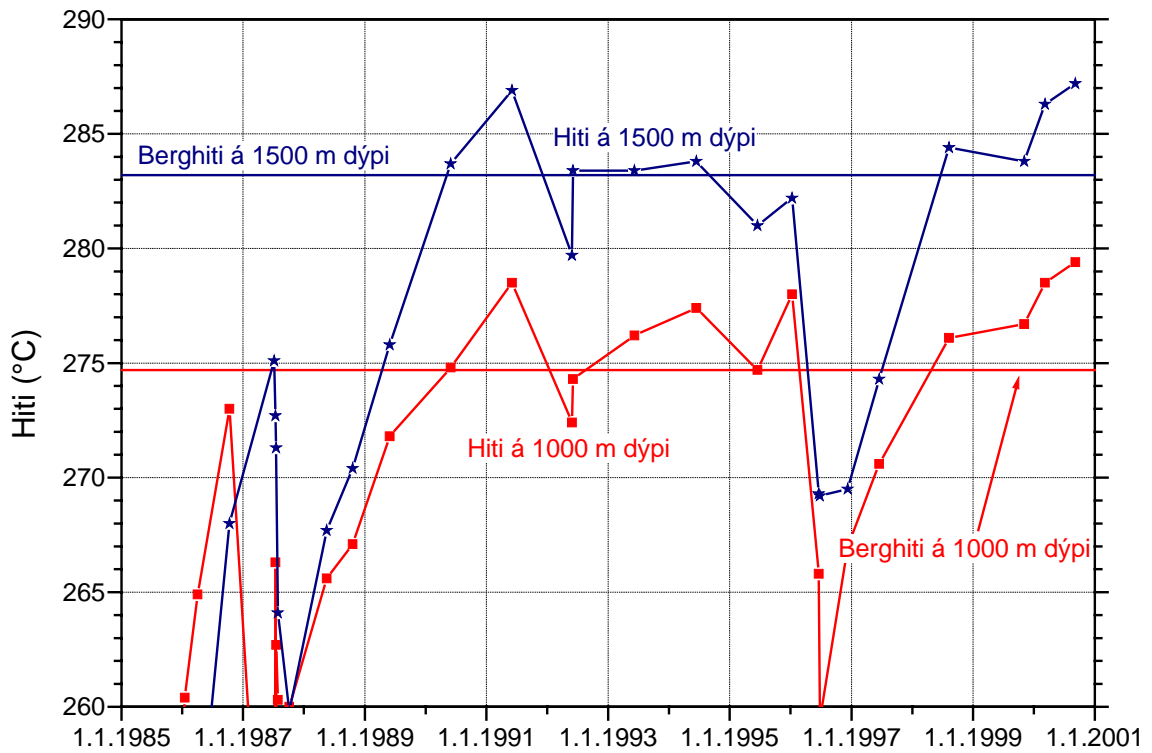
Af hitasöggunni má ráða að hiti lækkar í holunni neðan 800 m dýpis þegar hún blæs (mynd 23), en hækkar í efri hluta holunnar (myndir 20 og 21). Skýringin á kælingunni er talin að einhverju leyti suða í holunni í blæstri, en einnig er talið að holan dragi í blæstri til sín kaldara vatn frá jaðri vinnslusvæðisins. Þetta hefur komið fram þegar holan hefur blásið sem breytingar í efnastyrk með tíma (Ómar Sigurðson og Einar Gunnlaugsson 1988). Þessi meintu tengsl út í jaðarinn sjást sem viðsnúningur í mældum hitaferli á 1400–1600 m dýpi (mynd 21). Hitinn í efri hluta holunnar fellur að nýju þegar blæstri lýkur en hækkar í neðri hluta holunnar. Á mynd 23 sést að utan blásturstímabilanna hefur mældur hiti sveiflast um nokkrar gráður um áætlaðan

berghita. Stærstu frávikin eru síðustu tvö árin þegar hitinn neðan 1000 m dýpi er um 4–5°C yfir berghita.

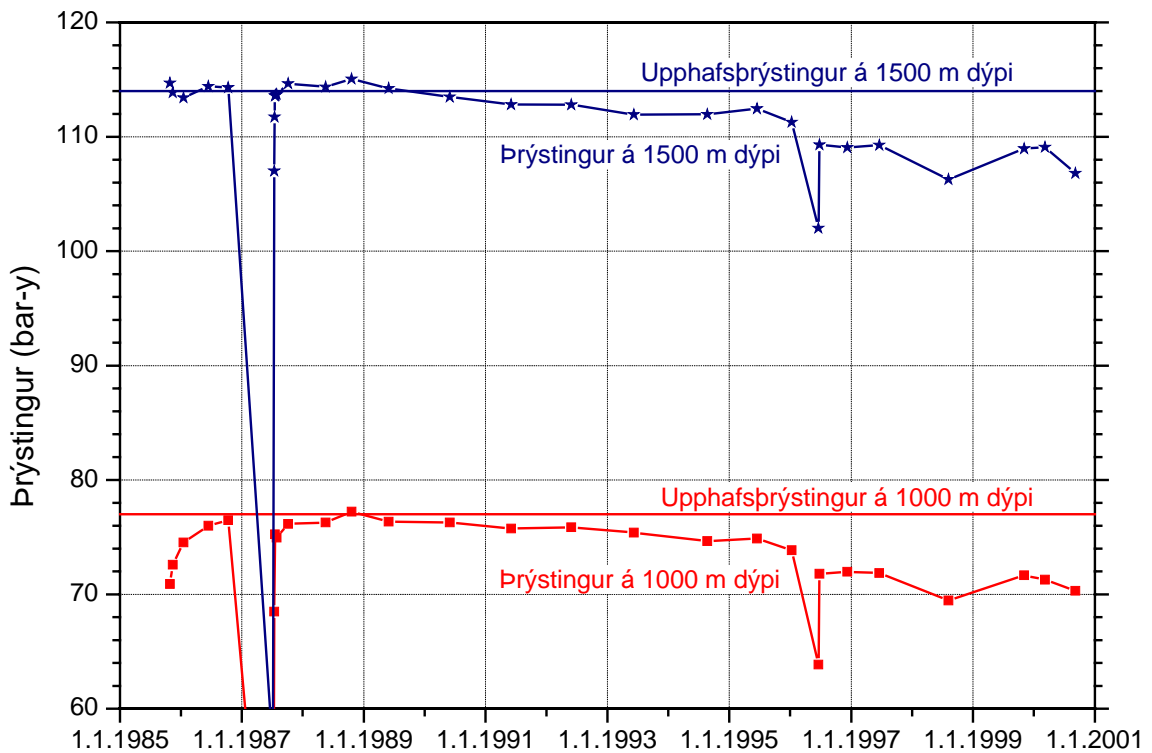
Þrýstimælingar síðustu ára í holu NJ-15 eru sýndar á mynd 22 ásamt nokkrum eldri mælingum og upphafsþrýstingi (frá 1985). Þrýstingur í holu NJ-15 hefur lækkað með tíma líkt og í öðrum Nesjavallaholum. Mynd 24 sýnir þá þróun á 1000 og 1500 m dýpi. Reyndar eru stærstu breytingarnar á myndinni vegna þrýstijöfnunar, þegar blæstri er hætt, 1996, 1997 og 1999. Burtséð frá þessum tímabilum sýnir holan svæðisbreytingar í þrýstingi og er niðurdráttur frá 1985 til 2000 um 5 bar (mynd 24).



Mynd 22. Þrýstimælingar í holu NJ-15.



Mynd 23. Hiti á 1000 m og 1500 m dýpi í holu NJ-15.

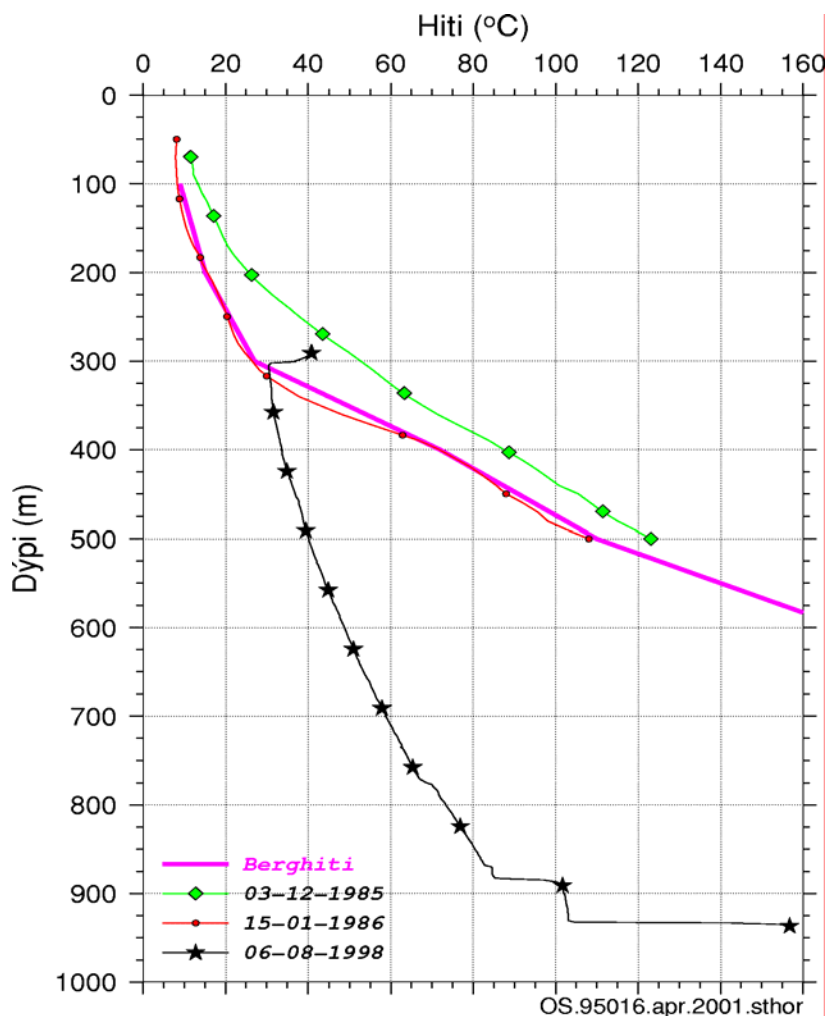


Mynd 24. Prýstingur á 1000 m og 1500 m dýpi í holu NJ-15.

### 3.10. Hola NJ-16

Hola NJ-16 er í Nesjavalladal skammt austan gossprungunnar í Kýrdalsbrúnum, um 600 metrum norðan holu NJ-11. Hún var boruð haustið 1985 í 2024 m og er helsta vinnsluæðin talin vera á 1525 m dýpi. Hola NJ-16 fór í blástur í febrúar 1986 og hefur blásið meira og minna samfelld síðan. Fyrstu árin blés holan út í hljóðdeyfi, en frá 1990 hefur hún verið tengd gufuveitunni og verið í notkun fyrir Nesjavallavirkjun. Í vinnsluhléum hefur holan ýmist blásið út í hljóðdeyfi, eða verið í blæðingu.

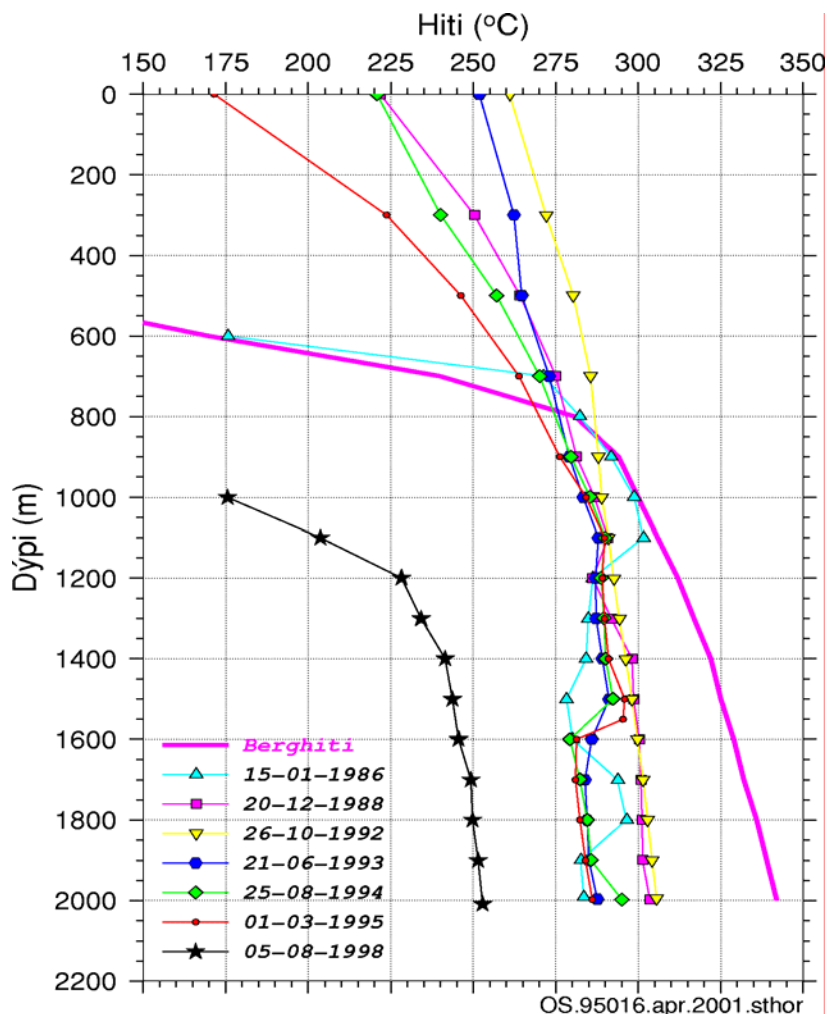
Í rekstrarstoppinu sumarið 1998 var hola NJ-16 sett í blæðingu þann 15. maí. Nú brá svo við að holan þoldi ekki blæðinguna og féll toppþrýstingur hratt í núll. Holan var hita- og þrýstímæld í 8. ágúst 1998 til að kanna ástand hennar og leita skýringa við því hvers vegna hún hélt ekki uppi þrýstingi á toppi. Engar fyrirstöður komu fram og komust mælar í 2008 m, sem er í góðu samræmi við fyrri mælingar. Vatnsborð reyndist vera á 303 m dýpi og var holan það köld ofan til að Kuster hitamælirinn sem notaður var, og dugði fyrir hitabilið 150–350°C, sýndi fyrst útslag á 1000 m dýpi. Næsta dag var holan því mæld með rafeindamæli. Sá mælir þolir allt að 160°C hita og náðist samfelld hitamæling niður á 936 m dýpi. Þessi mæling er sýnd á mynd 25 samt eldri mælingum og berghita fyrir dýptarbilið 0–1000 m.



Mynd 25. Hitamælingar ofan 1000 m í holu NJ-16.

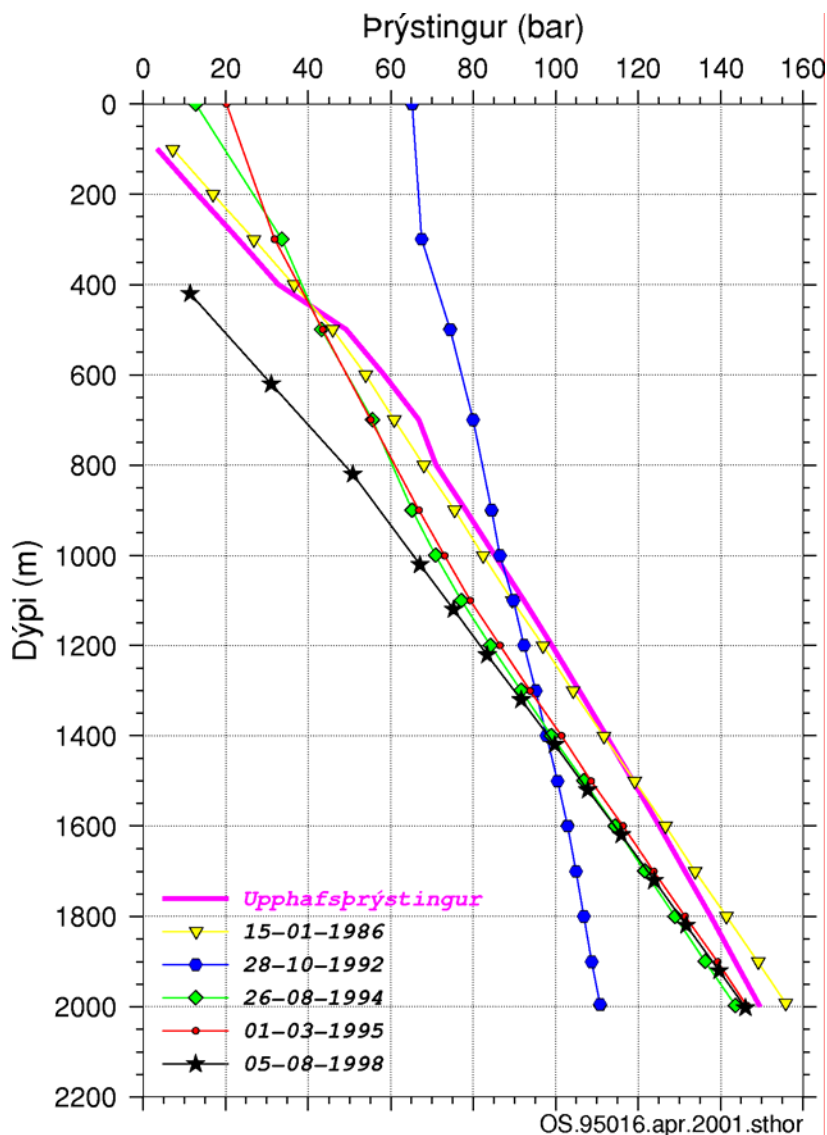
Hitamælingin með rafeindamælinum skýrir vel hvað hefur gerst í holunni. Greinilegt er að kalt vatn seitlar inn í holuna við eða ofan vatnsborðs og streymir niður og kæfir holuna. Á u.þ.b. 900 m dýpi streymir inn í holuna úr tveimur æðum (ath. stallur í 770 m er væntanlega toppur leiðarans) og stekkur hitinn upp við hvora æð og náði tæplega 160°C við dýpri æðina. Því var ekki hægt að mæla dýpra með rafeindamælinum. En hvar seitlar kalda vatnið inn í holuna, sem er fóðruð með 9<sup>5</sup>/<sub>8</sub>” steyptri fóðringu í 784 m dýpi? Steyping fóðringarinnar gekk mjög brösuglega og þurfti að skjót göt á fóðringuna á þremur stöðum til að ljúka steypuverkinu. Þessi göt eru á eftirtöldum dýptarbilum: 102,4–103,5 m; 252,8–253,9 m og 265,4–266,5 m (sjá töflu 5, kafla 4.2). Eina skráða vatnsæðin ofan 350 m er á 100–110 m dýpi (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986). Því verður að telja fullvíst að efstu götin leiði kalda vatnið inn í fóðringuna.

Kuster hitamælingin frá 5. ágúst (mynd 26) sýnir að niðurrennslið að ofan kælir holuna alla leið til botns og er hiti þar aðeins um 250°C sem er hátt í 100°C undir áætluðum berghita (mynd 26). Ört vaxandi hiti ofan 1400 m bendir til innstreymis vatnsæða sem blandast niðurrennslinu. Í lokaskýrslu um holuna (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986) eru vatnsæðar taldar upp á eftirfarandi dýpum í vinnsluhluta holunnar: Á 910, 1028, 1090, 1160, 1304, 1525, 1590, 1697, 1800 og 2000 m dýpi.



Mynd 26. Hitamælingar í holu NJ-16.

Prýstimælingin frá 5. ágúst 1998 er sýnd á mynd 27, ásamt eldri mælingum og upphafsprýstingi (frá 1985). Blástur holunnar fram til 1998 og síðan niðurrennsli kalda vatnsins um sumarið truflar þrýsting í holunni og gerir samanburð við upphafsþrýsting erfiðan. Eina raunhæfa dýpið fyrir slíkan samanburð er við helstu æð holunnar sem er á 1525 m eins og kemur fram hér að ofan. Á því dýpi hefur kælingin ekki áhrif á þrýsting. Samkvæmt mæligögnunum er heildarþrýstilækkunin á 1525 m dýpi í holu NJ-16 frá 1985 til ágústs 1998 um 12,5 bar. Svæðisniðurdrátturinn við holuna er þó minni en þetta þar sem skammt er liðið frá því holan var í vinnslu. Miðað við nærliggjandi holur (holur NG-7, NJ-11 og NJ-18) er svæðisniðurdrátturinn við NJ-16 fram til 1998 á bilinu 5 til 10 bar, en annað er staðbundinn niðurdráttur vegna blásturs holunnar.



Mynd 27. Þrýstimælingar í holu NJ-16.

### 3.11. HOLA NJ-17

Hola NJ-17 er syðst í Kýrdal um 600 m suðvestan við holu NJ-12. Hún var boruð sumarið 1986 í 2100 m dýpi til að kanna suðvesturhluta Nesjavallakerfisins og fá upplýsingar um hita og lekt í kerfinu. Helsta vinnsluæð holunnar er á 1590 m dýpi. Lekt við holu reyndist í meðallagi fyrir Nesjavallaholu, en hiti hins vegar aðeins um 200–245°C í vinnsluhluta holunnar. Hola NJ-17 var blástursprófuð haustið 1987 og reyndist hún afllítill og vermi holuvökvans um 950 kJ/kg. Hún er ásamt holu NJ-18 kaldasta hola á Nesjavöllum, dæmigerð jaðarhola.

Frá því blástursprófuninni lauk í desember 1987 hefur hola staðið þrýstingslaus. Starfsmenn Orkuveitu Reykjavíkur á Nesjavöllum mæla vikulega vatnsborð holunnar og lengi vel féll hún inn í árlegt eftirlit Orkustofnunar með hita og þrýstingi í Nesjavallaholum, eða allt fram til desember 1996, þegar fyrirstaða fannst á 258 m dýpi, langt uppi í fóðringu holunnar. Hólan hafði þá staðið opin um tíma og er talið fullvíst að einhverjir sem átt hafi leið um svæðið hafi látið grjót- eða steypumoli falla í holuna og að molinn (einn eða fleiri) hafi stoppað á 258 m dýpi. Fyrirstaðan lét undan þegar á var lamið og tókst sumarið 1997 að reka hana með lóði niður á 489 m dýpi. Þá festist lóðið og var hætt frekari aðgerðum eftir að losað var úr festunni. Hola NJ-17 nýtist því ekki til eftirlits með hita og þrýstingi í jarðhitakerfi Nesjavalla og er það miður. Lagt er til að ráðstafanir verði gerðar til að mylja steininn og sökkva brotunum til botns.

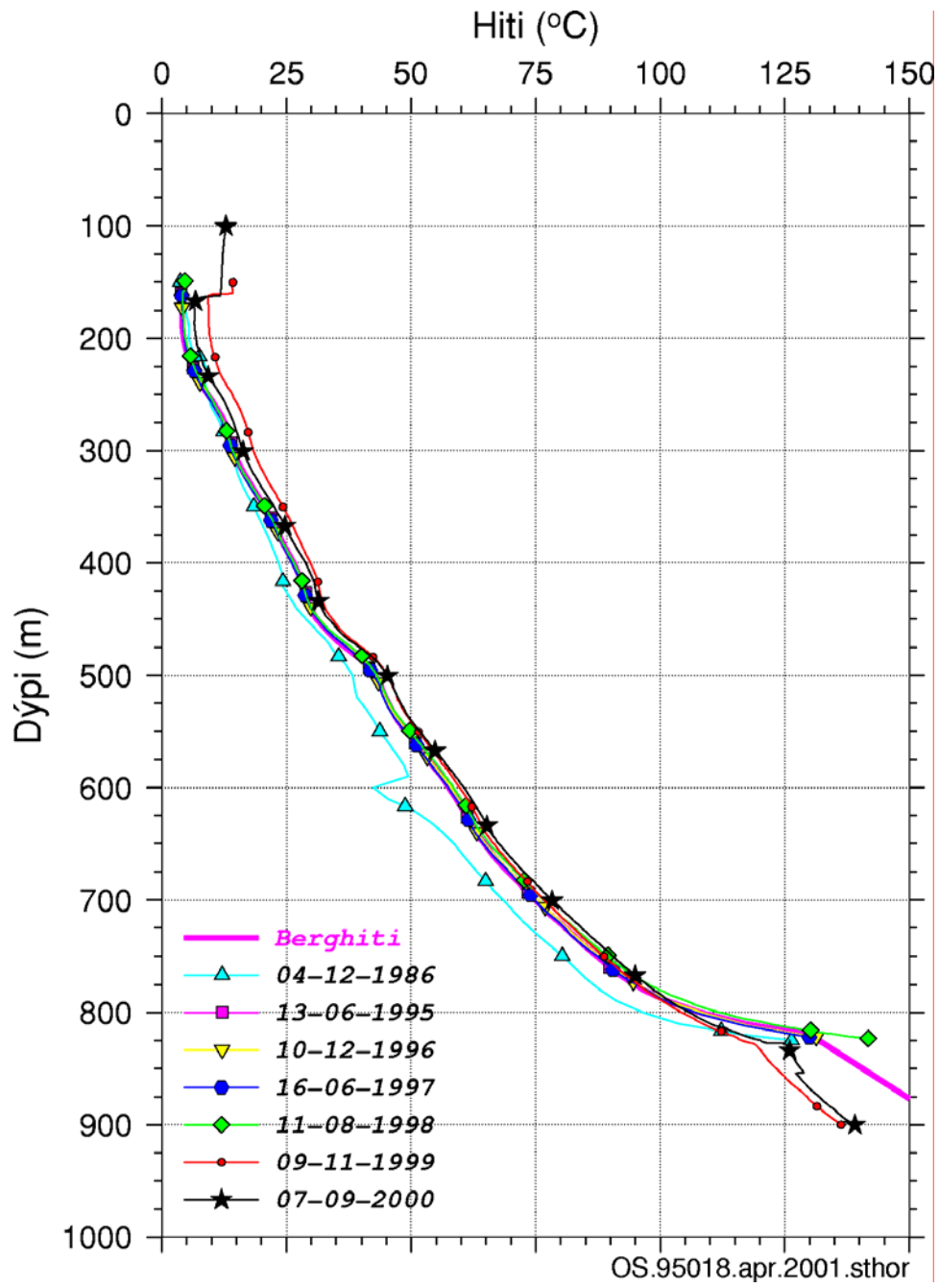
### 3.12. HOLA NJ-18

Hola NJ-18 er vestan gossprungunnar í Kýrdalsbrúnum í norðvestur horni borsvæðisins á Nesjavöllum. Hún var boruð haustið 1986 í 2136 m dýpi og er helsta vinnsluæðin talin vera á 1703 m dýpi. Þetta er jaðarhola og berghiti lægri en inni á vinnslusvæðinu. Hólan var blástursprófuð frá 11. september 1987 til 5. maí 1988. Hún reyndist afllítill og vermi holuvökvans um eða innan við 1000 kJ/kg. Frá því blástursprófuninni lauk hefur hola NJ-18 staðið lokuð og þrýstingslaus og hefur hún verið hita og þrýstimæld árlega til að fylgjast með jarðhitakerfinu.

Hólar NJ-18 og NJ-15 eru einu hólurnar á Nesjavöllum sem tiltækar hafa verið síðan 1998 til eftirlits með hita og þrýstingi jarðhitakerfinu. Á þessu tímabili hefur NJ-18 verið hita- og þrýstimæld þrisvar sinnum, þ.e. í ágúst 1998, nóvember 1999 og september 2000. Mælingarnar eru sýndar á myndum 28–30, ásamt nokkrum eldri mælingum og berghita og upphafsþrýstingi. Þróun hita og þrýstings á 1200 m og 1700 m dýpi í holunni er sýnd á myndum 31 og 32.

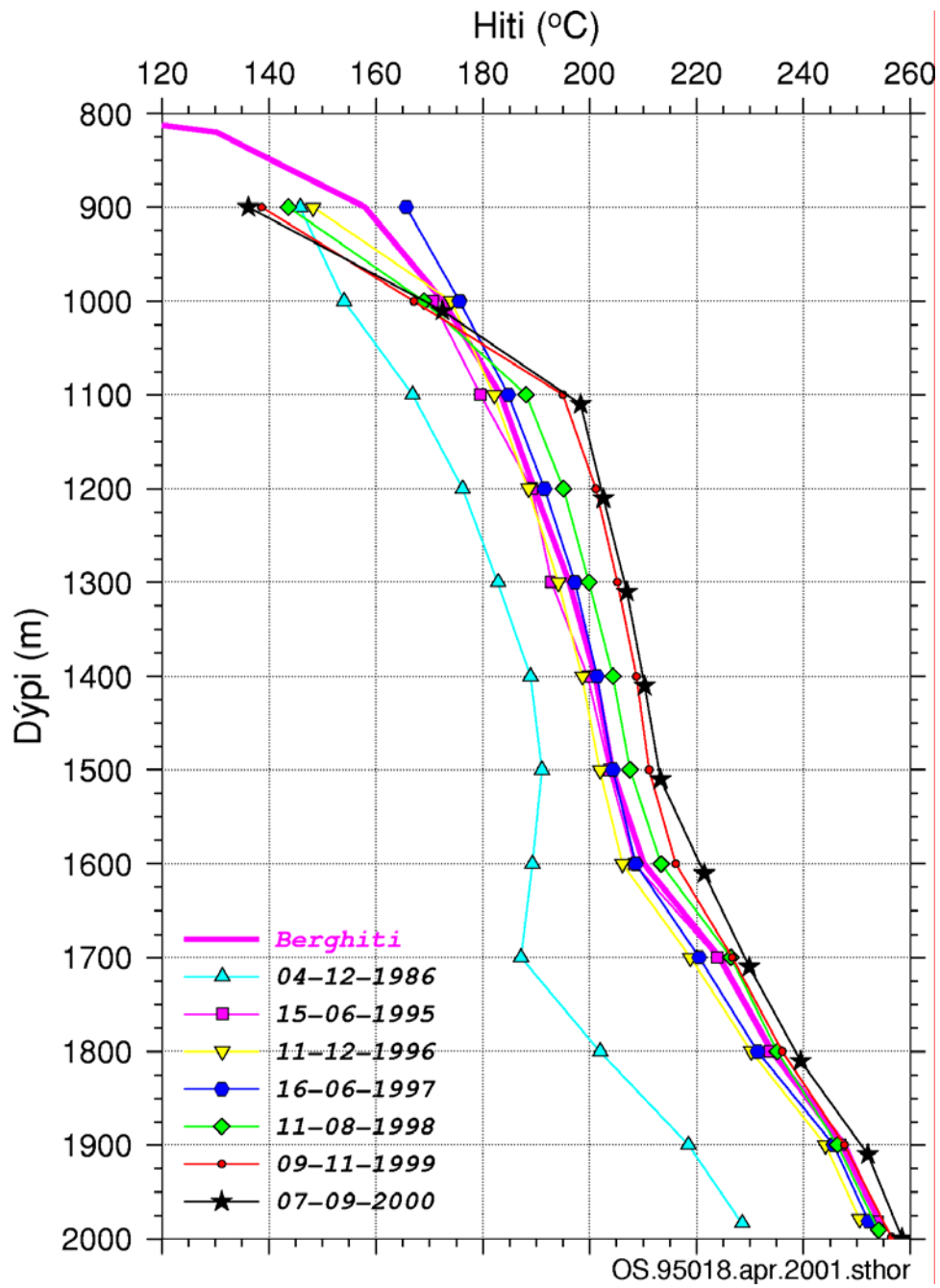
Hitamælingarnar sýna að ofan 800 m dýpis (innan fóðringar) er hiti mjög stöðugur og mjög nálægt áætluðum berghita, en neðan 1000 m dýpis virðist hiti hafa hækkað síðustu árin. Á 1700 m mælist hitinn á árinu 2000 um 4°C hærri en berghiti, en á 1200 m er hitnunin um 15°C. Hugsanlega má skýra hitnunina á 1700 m með kvörðunarskekkju hitamælisins, en í 1200 m er hitnunin marktæk.

Þrýstimælingarnar á myndum 30 og 32 sýnir að þrýstingur við holu NJ-18 hefur farið hægt lækkandi. Á 1700 m dýpi, við helstu vatnsæð holunnar, er breytingin frá 1987 til ársins 2000 um 5 bar.

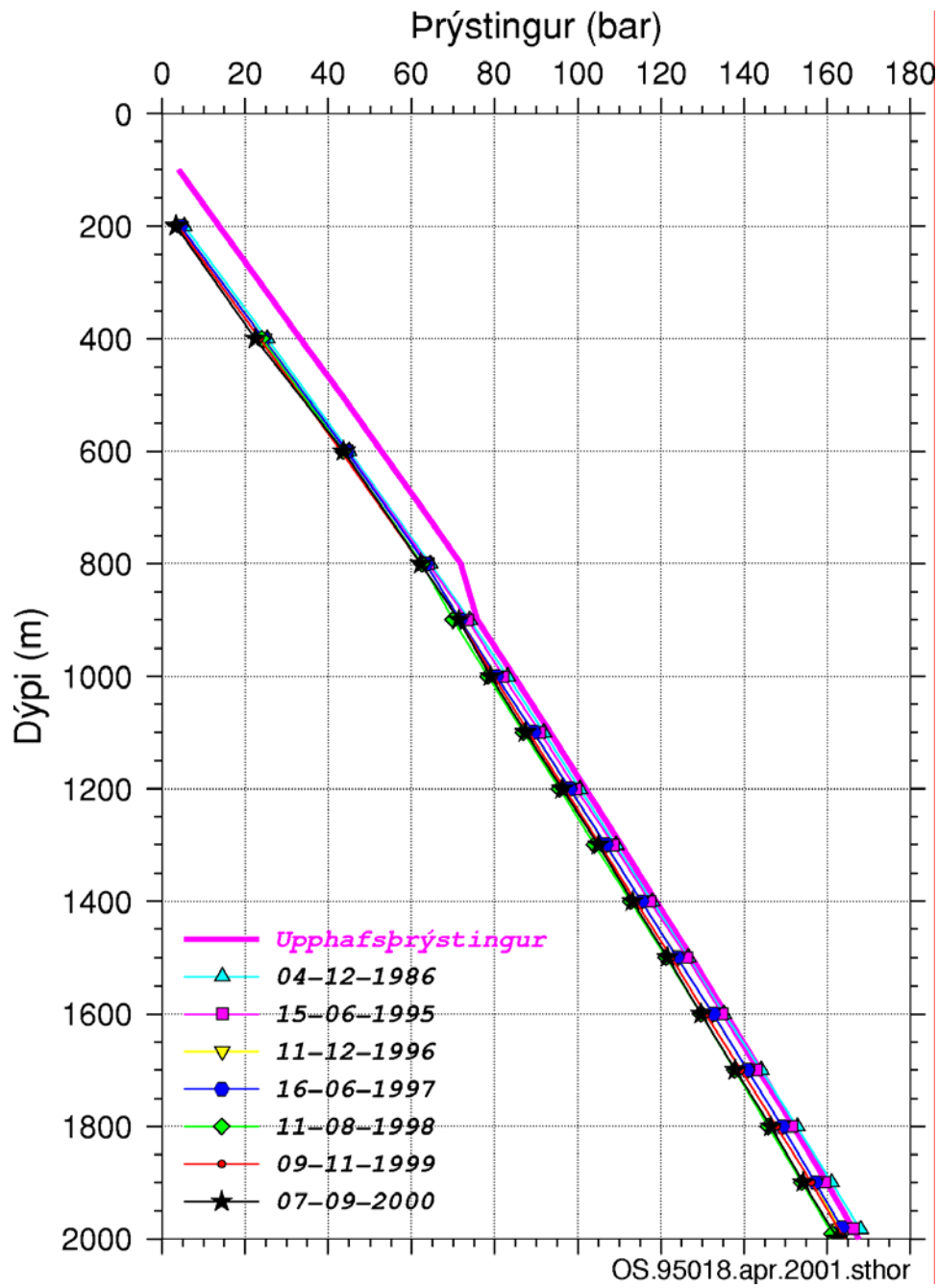


Mynd 28. Hitamælingar innan fóðringar í holu NJ-18.

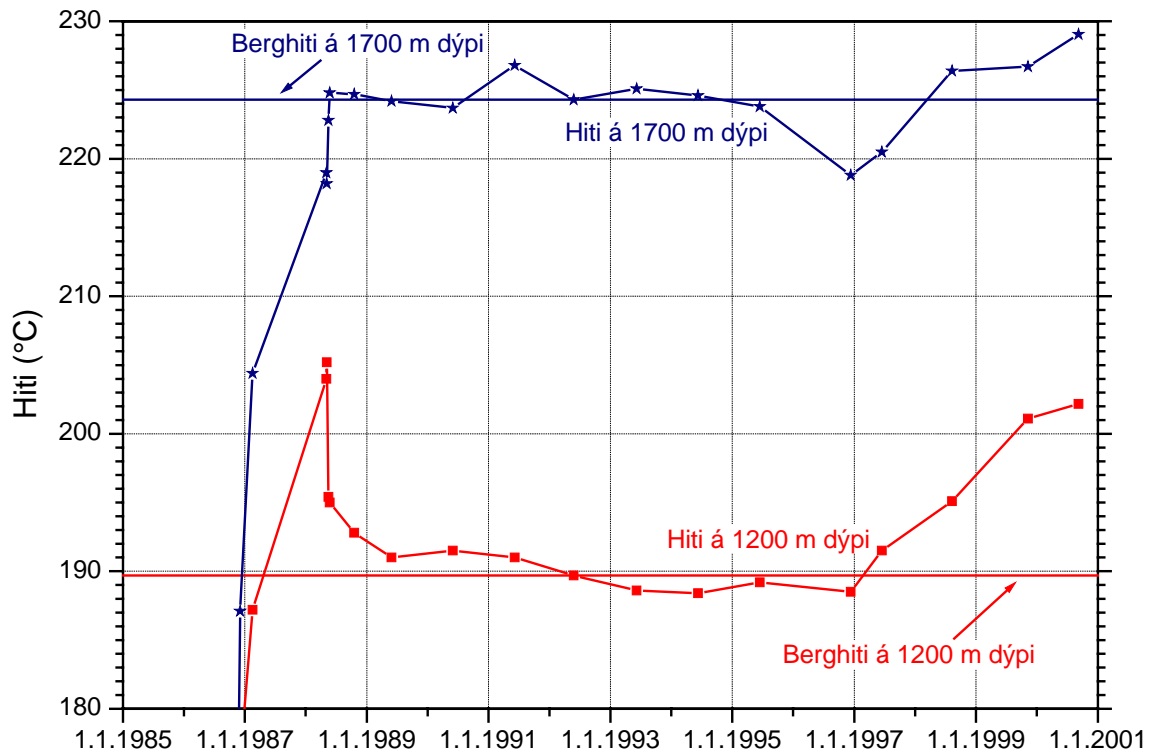




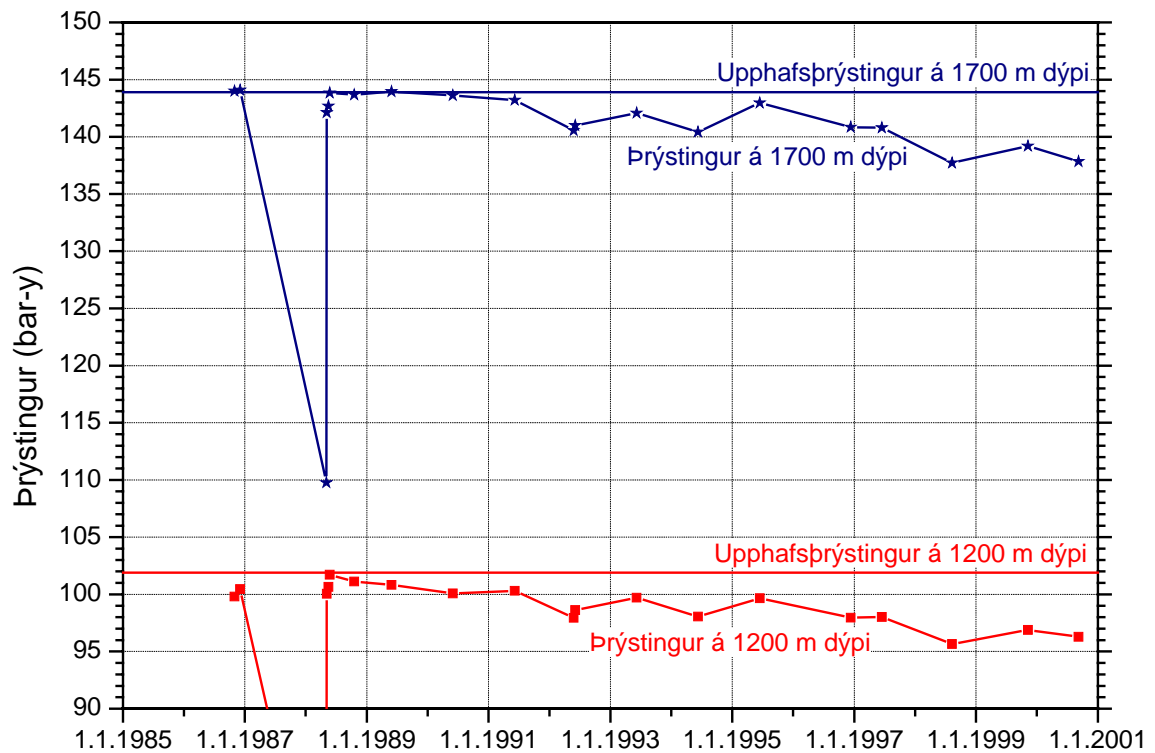
Mynd 29. Hitamælingar í holu NJ-18.



Mynd 30. Prýstimælingar í holu NJ-18.



Mynd 31. Hiti á 1200 m og 1700 m dýpi í holu NJ-18.

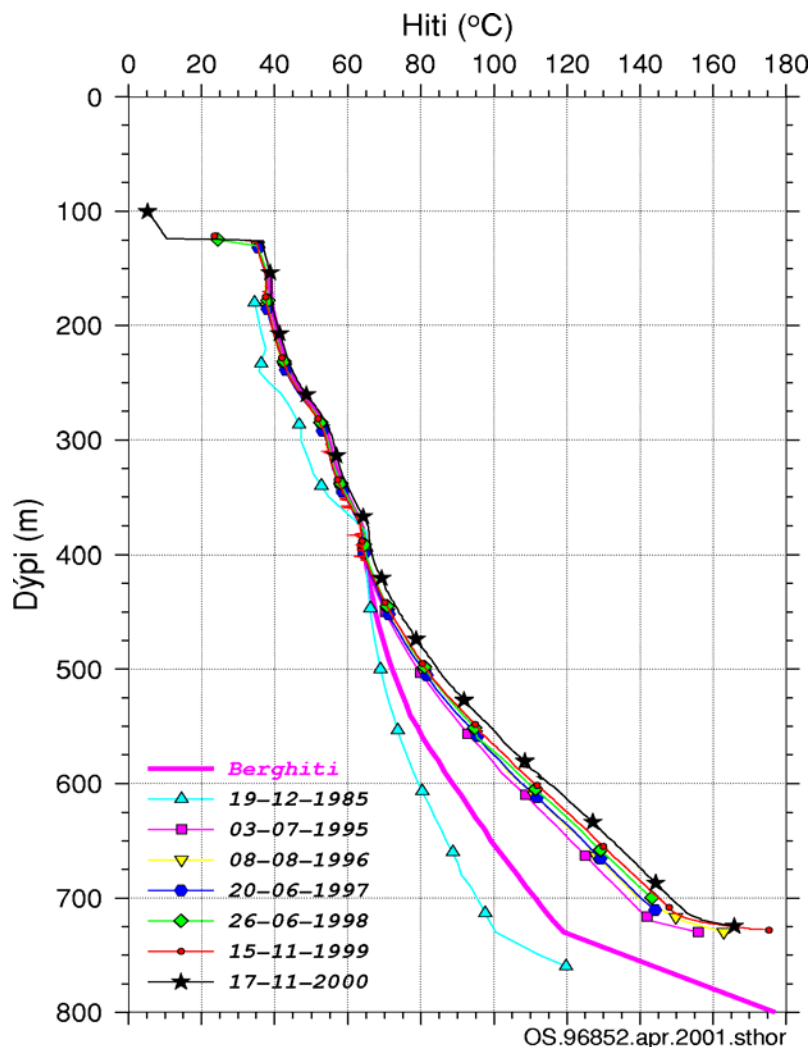


Mynd 32. Þrýstingur á 1200 m og 1700 m dýpi í holu NJ-18.

### 3.13. Hóla KhG-1

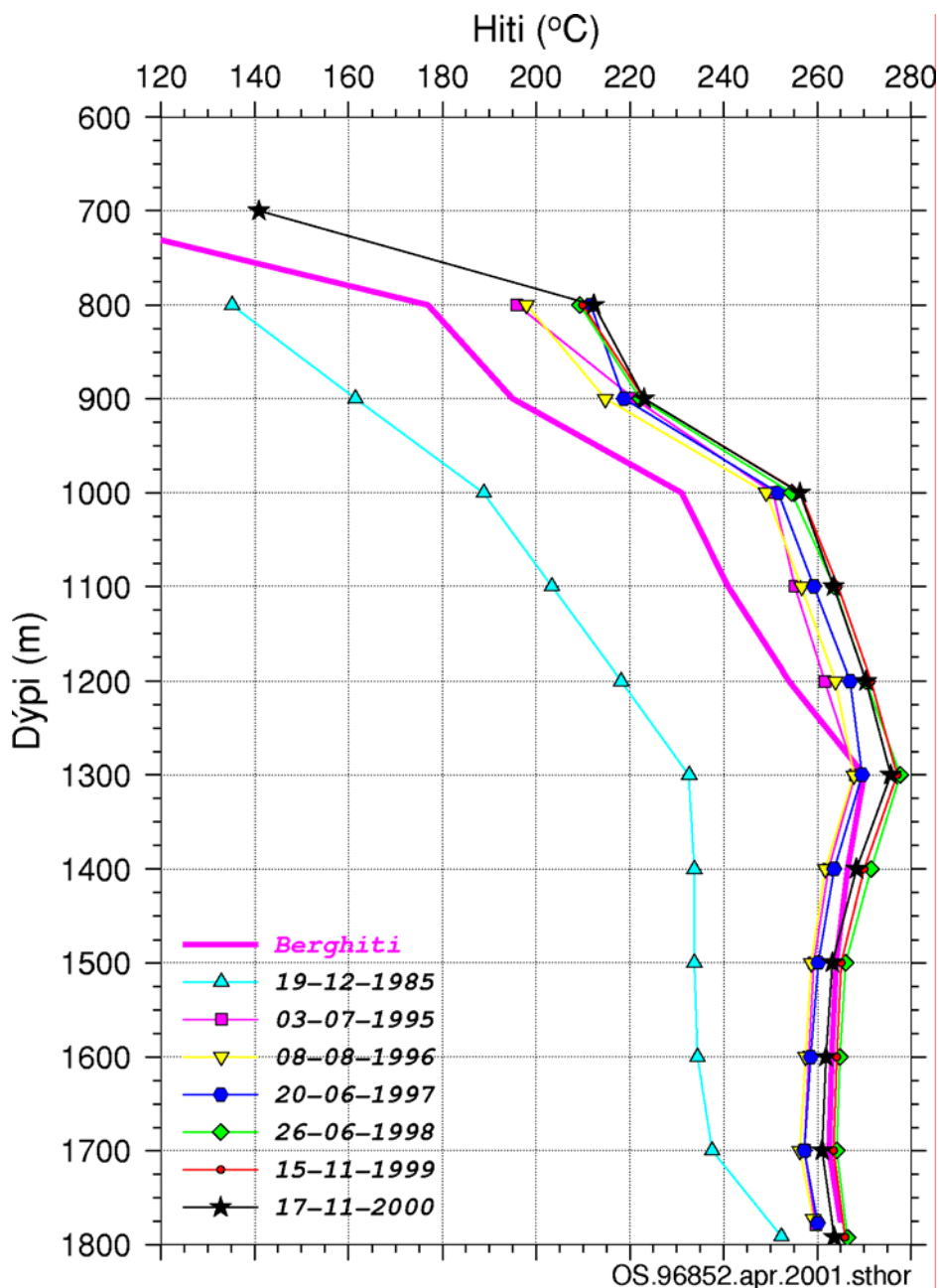
Hóla KhG-1 er fyrsta rannsóknarholan við Kolviðarhól. Hún er rétt norðan við skíðaskála Vals, suður af Sleggjubeinsskarði og var boruð haustið 1985 í 1816 m dýpi. Holan var blástursprófuð um þriggja mánaða skeið haustið 1986, en hefur annars staðið lokuð og þrýstingslaus. Nokkrum mánuðum eftir blástursprófunina kom í ljós að steypuleðja hafði sigið inn í holuna gegnum skotgöt á fóðringunni á um 373 m dýpi og komust mælitæki ekki niður fyrir það dýpi. Leðjutappinn var hreinsaður úr holunni á árinu 1991 og frá þeim tíma hefur holan verið hita- og þrýstimæld árlega í þeim tilgangi að kanna hvort einhverjar breytingar kæmu fram með tíma. Jafnframt er vatnsborð í holunni mælt hverju sinni.

Mælingar síðustu þriggja ára voru gerðar í júní 1998, í nóvember 1999 og 2000. Mælingarnar, ásamt völdum eldri mælingum og berghita og upphafsþrýstingi, eru sýndar á myndum 33–35, auk þess sem hiti og þrýstingur á 700, 1000, 1400 og 1700 m dýpi er sýndur á myndum 36 og 37, en helsta viðmiðunardýpi holunnar er 1400 m, þar sem helsta vatnsæð holunnar er talin vera á 1390 m dýpi.



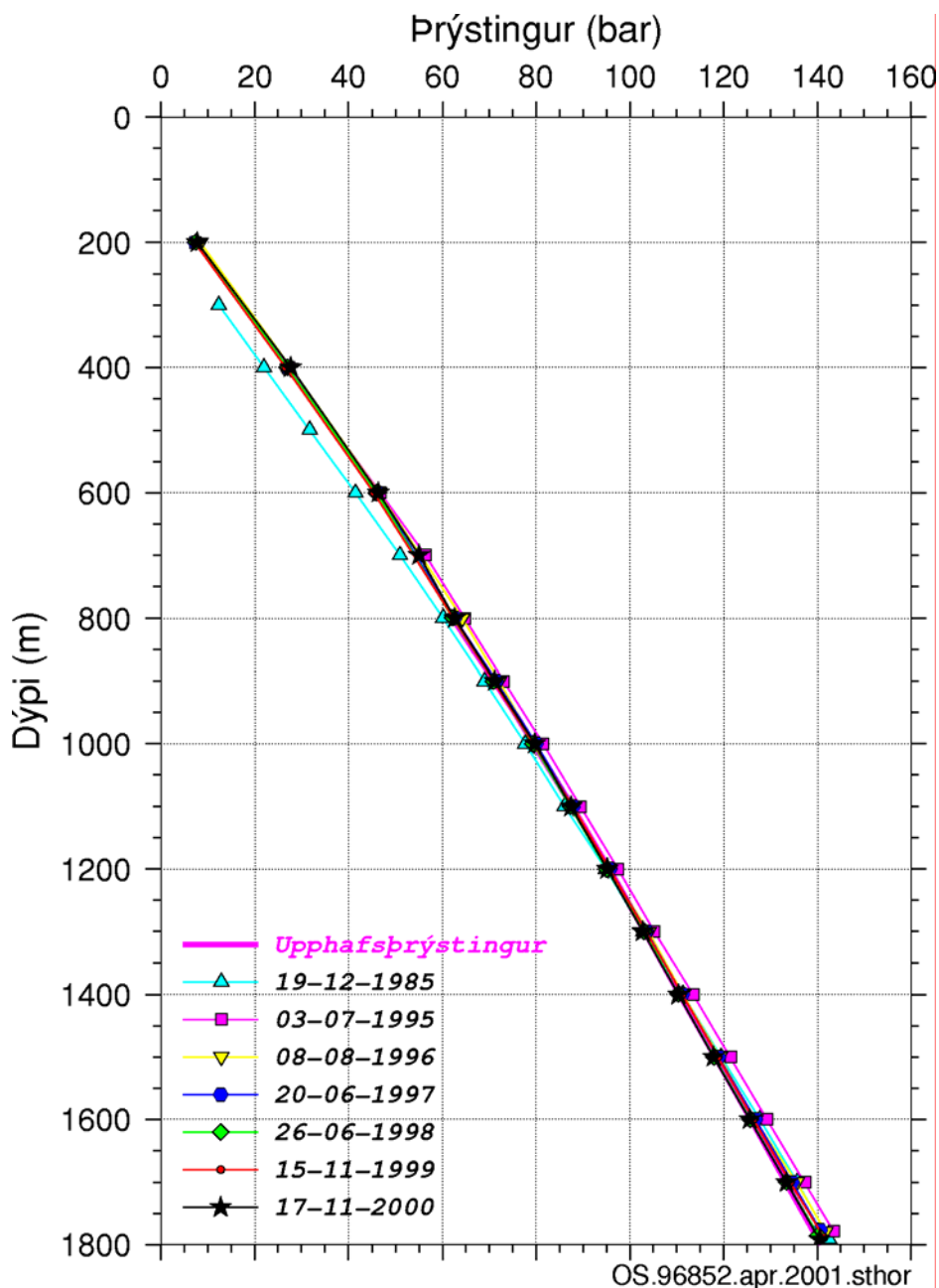
Mynd 33. Hitamælingar í vinnslufóðringu í holu KhG-1.

Hitamælingar sýna nokkrar breytingar í holu KhG-1 í tímans rás. Þannig hefur hiti á dýptarbilinu 400–1200 m hækkað frá 1992 og var hitnunin hröðust fram til 1995, t.d. um 20°C á 1000 m dýpi, en hægari eftir það eins og sést á mynd 36. Neðan 1200 m hefur hiti verið mun stöðugri og sveiflast um áætlaðan berghita. Á mynd 36 sést t.d. að á árunum 1995–7 hefur hitinn á 1400 m og 1700 m dýpi legið 5°C undir berghita, en er núna nálægt áætluðum berghita (fór reyndar nokkuð yfir hann á 1400 m dýpi árið 1998).

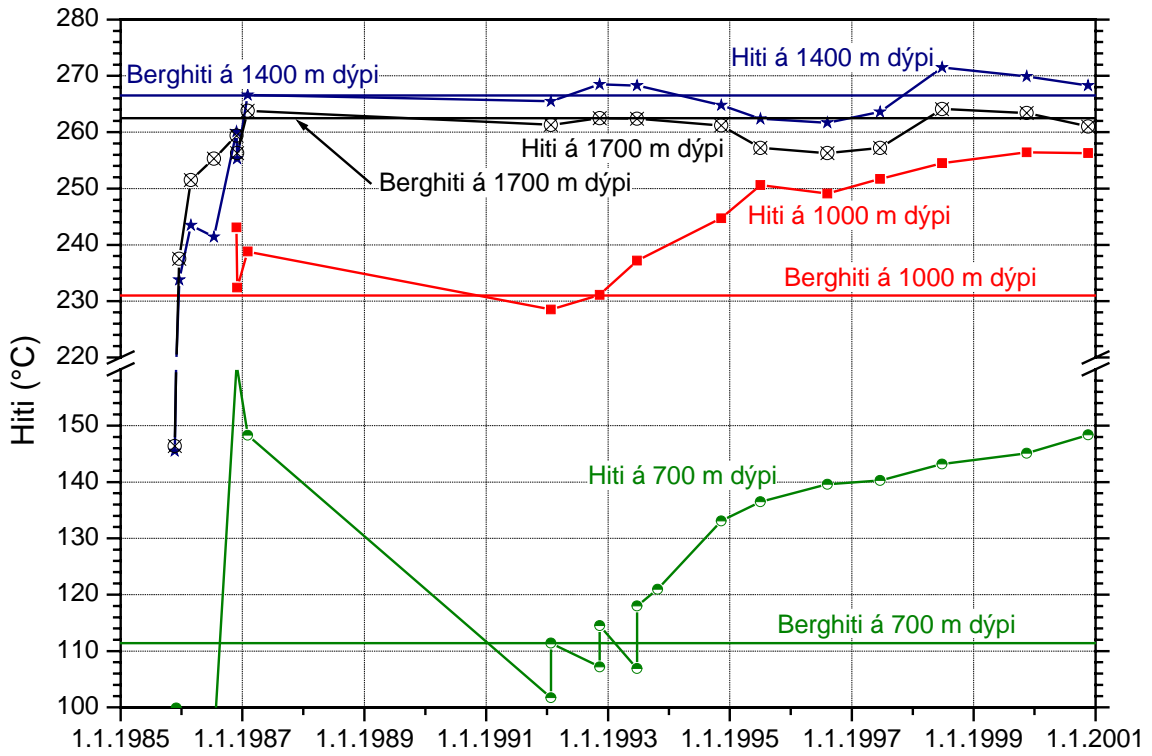


Mynd 34. Hitamælingar í holu KhG-1.

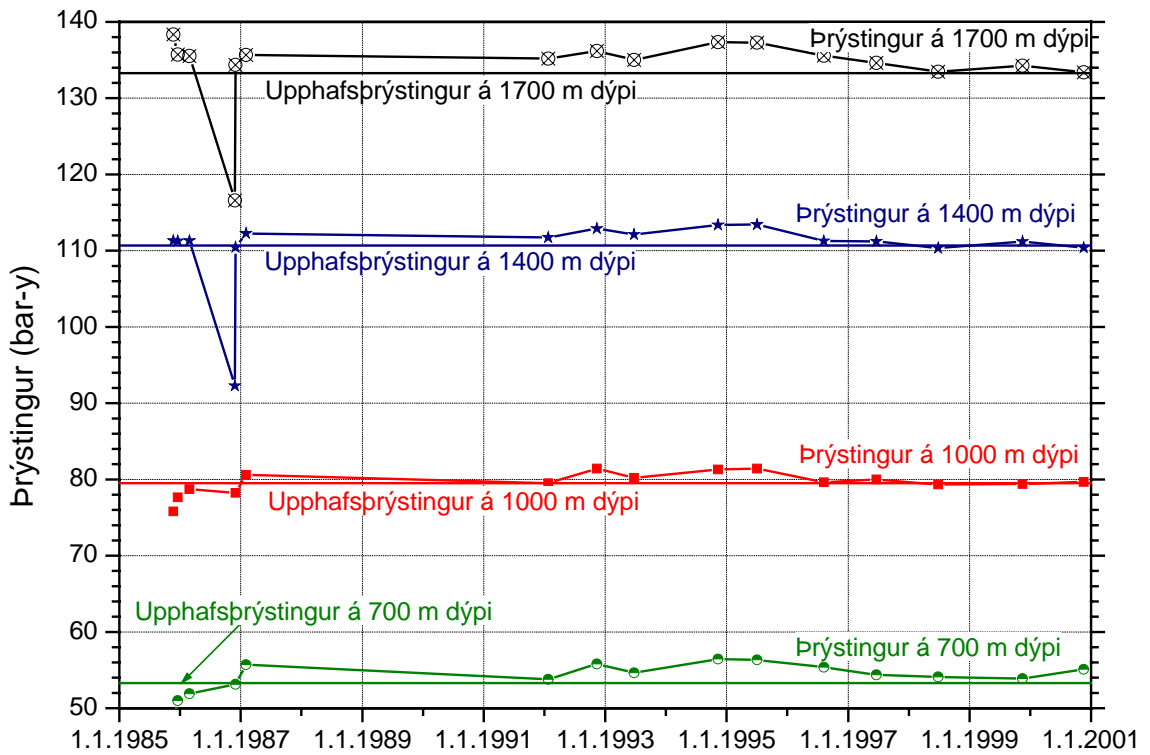
Almennt má segja að þrýstingur í vinnsluhluta holu KhG-1 hafi verið stöðugur frá 1985 eins og sést á mynd 37. Í efri hluta holunnar hækkaði þrýstingur hins vegar á árunum 1992–95. Þetta sést greinilegast í vatnsborðsmælingunum (mynd 38) en á þessum árum hækkaði vatnsborð um tæplega 20 metra í holunni. Vatnsborðhækkunin fellur saman við hitnun holunnar og er bein afleiðing hennar. Hún endurspeglar því ekki raunverulegar þrýstibreytingar í jarðhitakerfinu við Kolviðarhól.



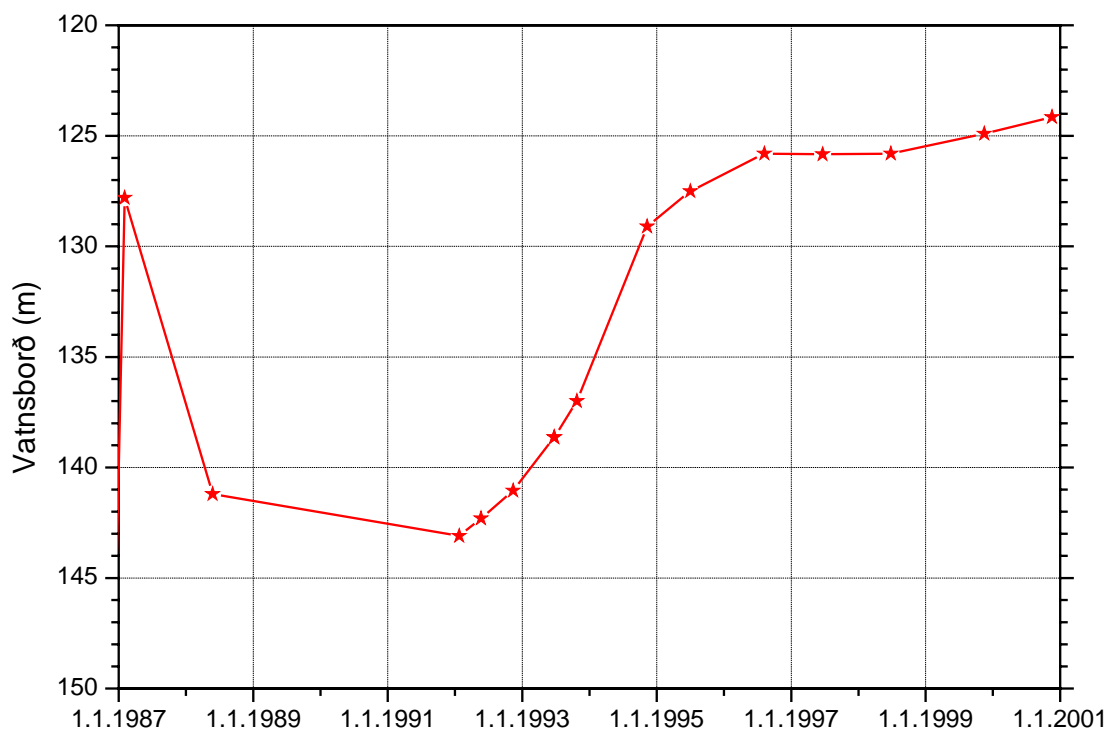
Mynd 35. Þrýstimælingar í holu KhG-1.



Mynd 36. Hiti á 700 m, 1000 m, 1400 m og 1700 m dýpi í holu KhG-1.



Mynd 37. Þrýstingur á 700 m, 1000 m, 1400 m og 1700 m dýpi í holu KhG-1.



Mynd 38. Vatnsborð í holu KhG-1.

### 3.14. HOLA ÖJ-1

Hola ÖJ-1, fyrsta rannsóknarholan á Ölkelduhálsi, var boruð í 1035 m dýpi veturinn 1994/5. Holan er fódruð í 771 m dýpi og komu fram mjög lekar vatnsæðar neðan fódringar. Þær helstu eru á 825, 950 og 1013 m dýpi. Hún var blástursprófuð á tímabilinu ágúst–september 1995, en hefur staðið lokuð síðan.

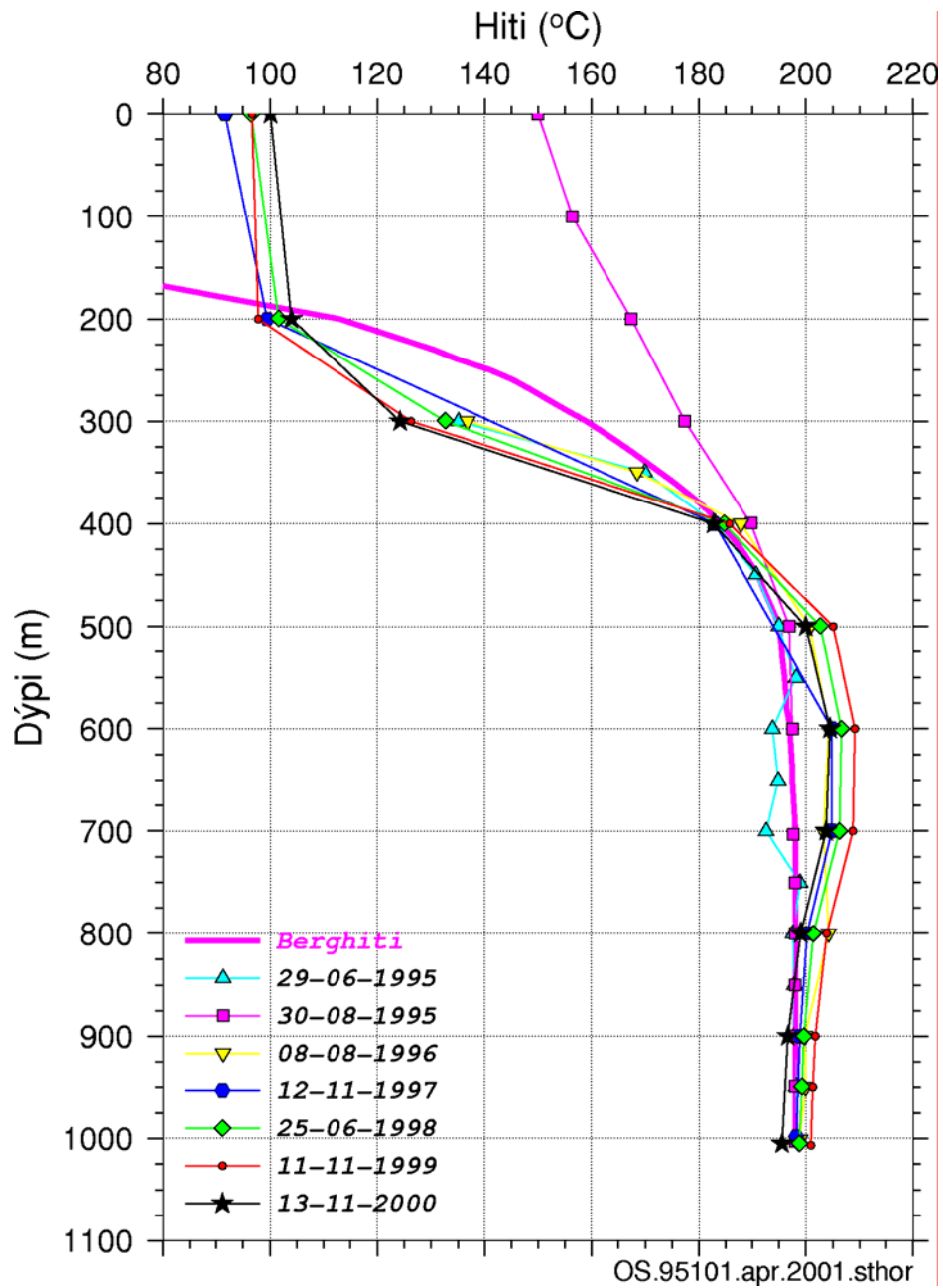
Hola ÖJ-1 hefur verið hita- og þrýstímæld reglulega síðan borun hennar lauk. Á síðustu þremur árum hafa mælingarnar verið gerðar í júní 1998, nóvember 1999 og 2000. Mælingar frá 1995 eru sýndar á myndum 39 og 40 ásamt berghita og upphafsþrýstingi, auk þess sem þróun hita og þrýstings á 900 m dýpi er sýnd á mynd 41.

Hitamælingarnar sýna að hiti er um eða yfir 200°C neðan 400 m og er heitasti kaflinn á 500–700 m dýpi allt að 210°C. Eins og sjá má er berghiti vanáætlaður á þessu dýptarbili og verður leiðréttur. Á 900 m dýpi hefur hitinn hins vegar gjarnan mælst nálægt berghita eins og sést á mynd 41 og hitabreytingar með tíma innan skekkjumarka. Það er þó spurning um síðustu mælinguna, sem sýnir 2–3°C lægri hita í 900 m en fyrri mælingar. Mælingar næstu ára munu sker úr um hvort hér sé kæling á ferðinni.

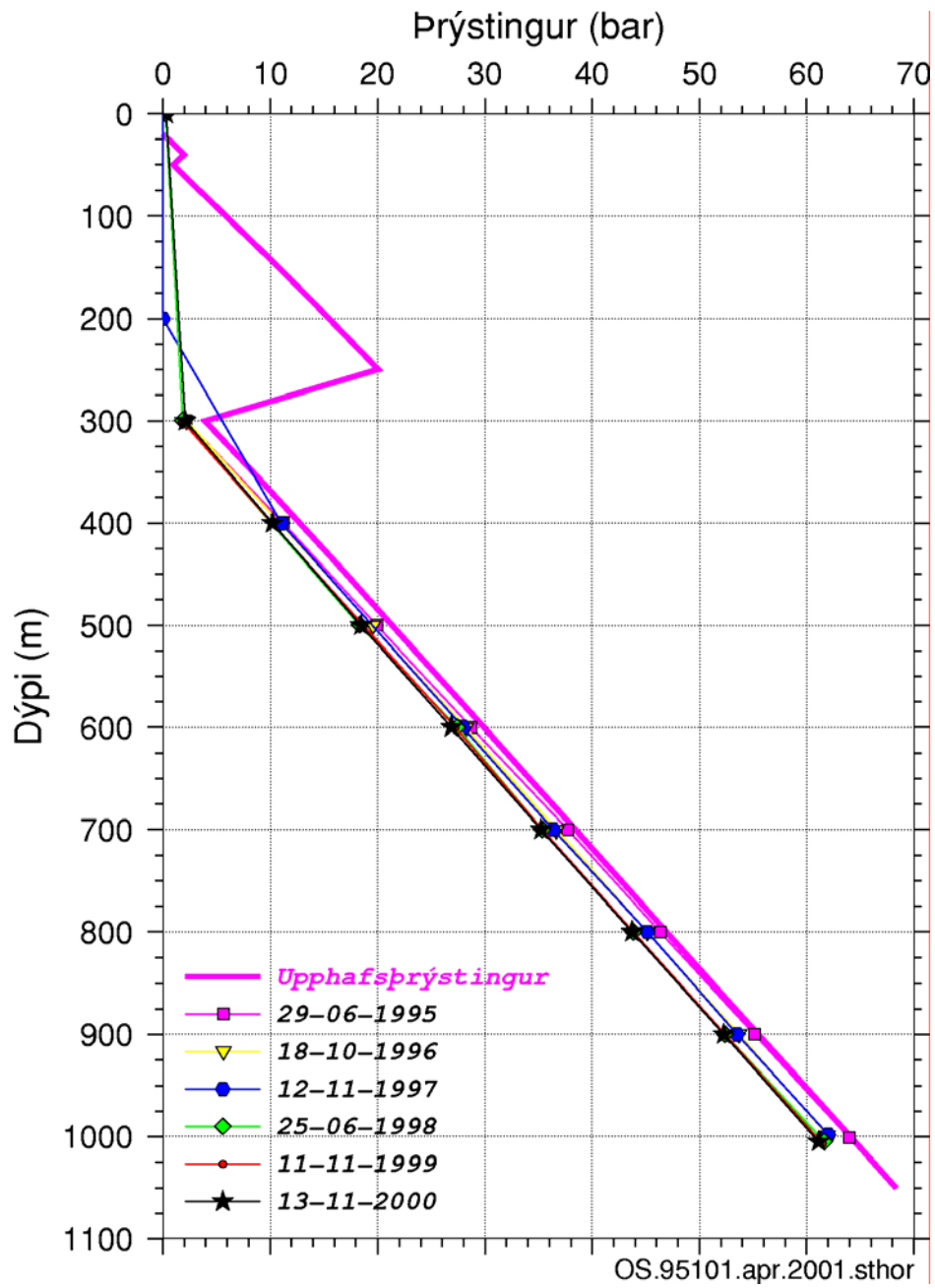
Þrýstímælingarnar sýna að þrýstingur í jarðhitakerfinu á Ölkelduhálsi hefur lækkað frá árinu 1995 (myndir 40 og 41). Lækkunin á 900 metra dýpi er um 3 bar og verður hún aðallega fram til 1998, en síðustu árin hefur þrýstingurinn verið nokkuð stöðugur. Skýringin á þrýstilækkuninni á Ölkelduhálsi er ekki þekkt. Talið er ólíklegt að vinnslan á Nesjavöllum hafi áhrif yfir á Ölkelduháls. Þá er vitað að þrýstingur hefur lækkað bæði í Ölfusdal og Hveragerði. Lækkunin þar er um 2 bar og er talið líklegt að þessar



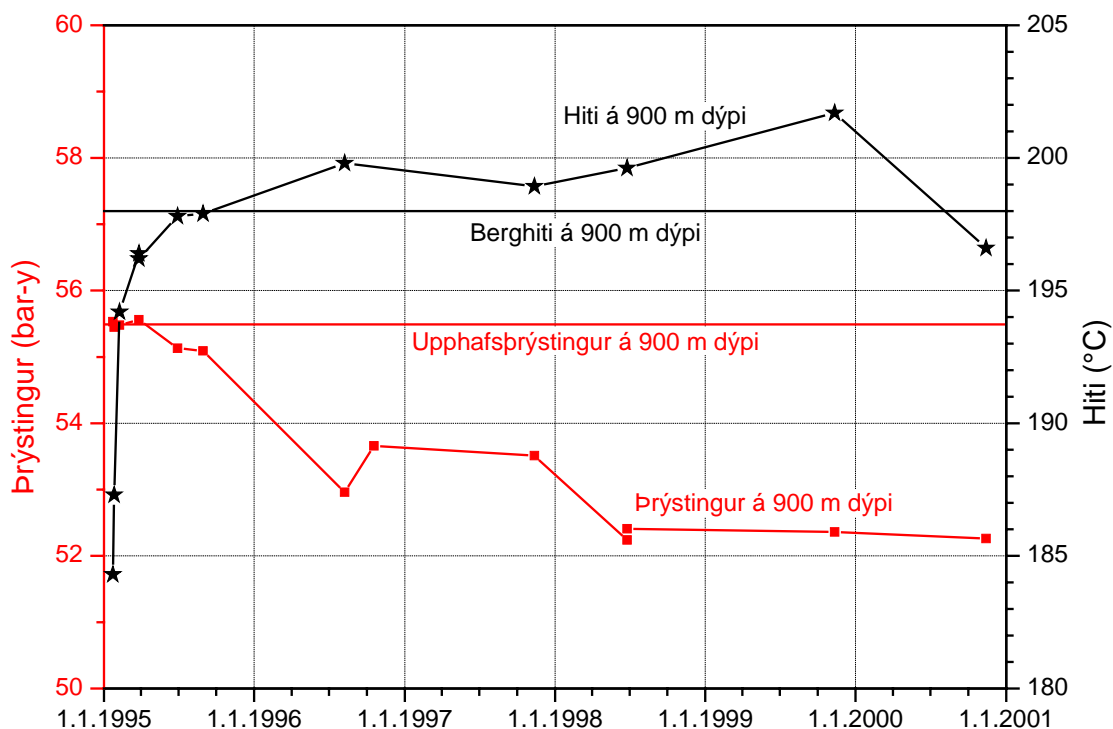
Þrýstibreytingar í austurhluta Hengilskerfisins tengist aukinni skjálftavirkni á svæðinu á ofangreindu tímabili (Benedikt Steingrímsson o.fl. 2000).



Mynd 39. Hitamælingar í holu ÖJ-1.



Mynd 40. Prýstimælingar í holu ÖJ-1.



Mynd 41. Hiti og þrýstingur á 900 m dýpi í holu ÖJ-1.

#### 4. SAMANTEKT OG HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Sumarið 1998 voru vinnsluholur Nesjavallavirkjunar hita- og þrýstímældar, en flestar af holunum höfðu ekki verið mældar frá því að þær fóru í blástur á níunda áratugnum. Greiðlega gekk að mæla holurnar og varð ekki vart við fyrirstöður. Þá hafði lítið safnast í botn þeirra og mældust þær yfirleitt aðeins nokkrum metrum grynni en fyrir blástur. Mesti munurinn var í holu NG-6 sem mældist 1105 m djúp 1998 en 1123 m djúp eftir borun 1982. Í holu NJ-11 var botndýpi það sama 1998 og 1995, um 1532 m, en þar áður var holan mæld árið 1985 og reyndist botndýpi þá vera um 1570 m, þannig að ljóst er að þó að safnast hafi fyrir í botni holunnar fyrstu árin eftir borun, hefur ekki safnast neitt fyrir í botni hennar síðustu ár.

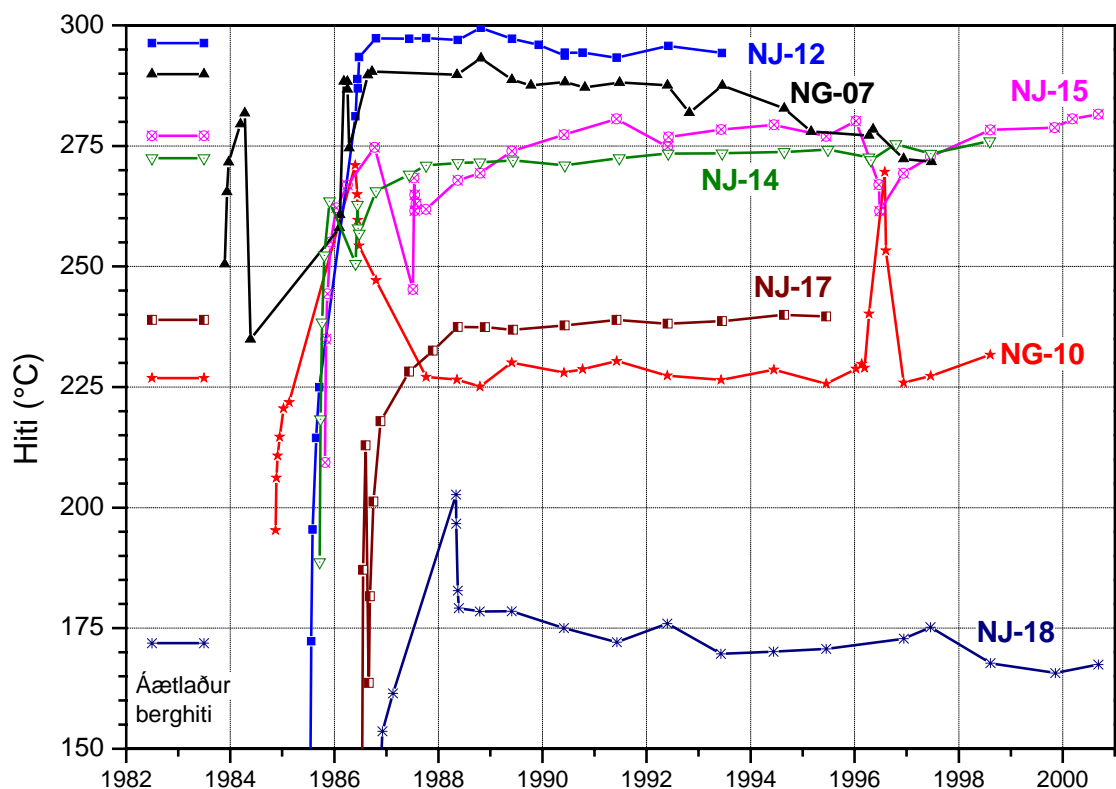
##### 4.1. Hita- og þrýstibreytingar

Hita- og þrýstiferlar vinnsluholnanna 1998 voru það trufaðir af blæstri að erfitt er að draga stórar ályktanir af þeim um hita- og þrýstibreytingar í jarðhitakerfinu. Þar verður fyrst og fremst að líta til þeirra holna sem standa lokaðar um lengri tíma.

Á myndum 42–45 er sýnd þróun hita og þrýstings á 800 m og 1400 m dýpi undir sjávarmáli í eftirlitsholunum á Nesjavöllum á tímabilinu 1984–2000, en til samanburðar er áætlaður berghiti og upphafsprýstingur á viðkomandi dýpi sýndur vinstra megin á myndunum.

Myndir 42 og 43 sýna hitasögu holnanna. Þar má sjá að hiti hefur verið nokkuð stöðugur í holunum eins og fram hefur komið í umræðunni um einstakar holur hér að

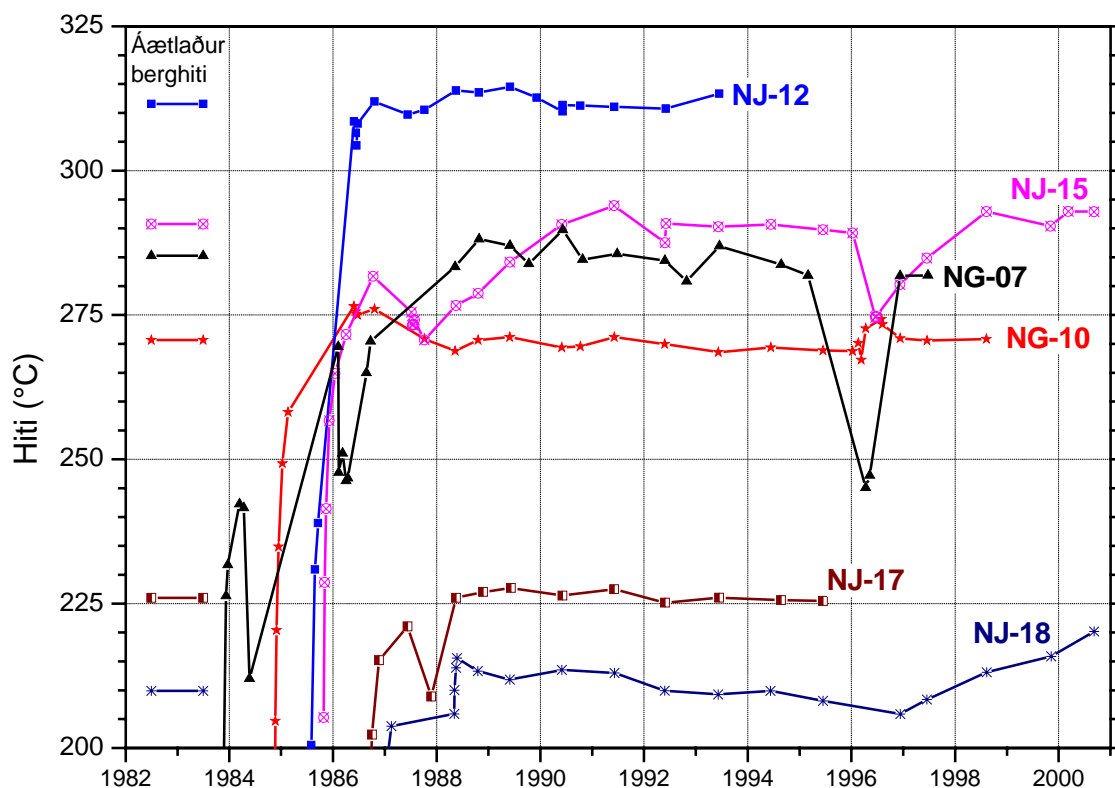
framan. Undantekningin er upphitun hverrar holu eftir borun og áhrif blástursprófana á níunda áratugnum og á árinu 1996. Þetta eru þær hitabreytingar sem mest fer fyrir á myndunum, þó má greina í einstökum holum breytingar í hita sem telja verður raunverulega hitabreytingu í jarðhitakerfinu við viðkomandi holu. Dæmi um marktækar breytingar í Nesjavallaholum (sjá myndir 42 og 43) og í rannsóknarholunum við Kolviðarhól og Ölkelduháls (sjá kafla 3.13 og 3.14) eru eftirfarandi:



Mynd 42. Hiti á 800 m dýpi undir sjávarmáli á Nesjavöllum.

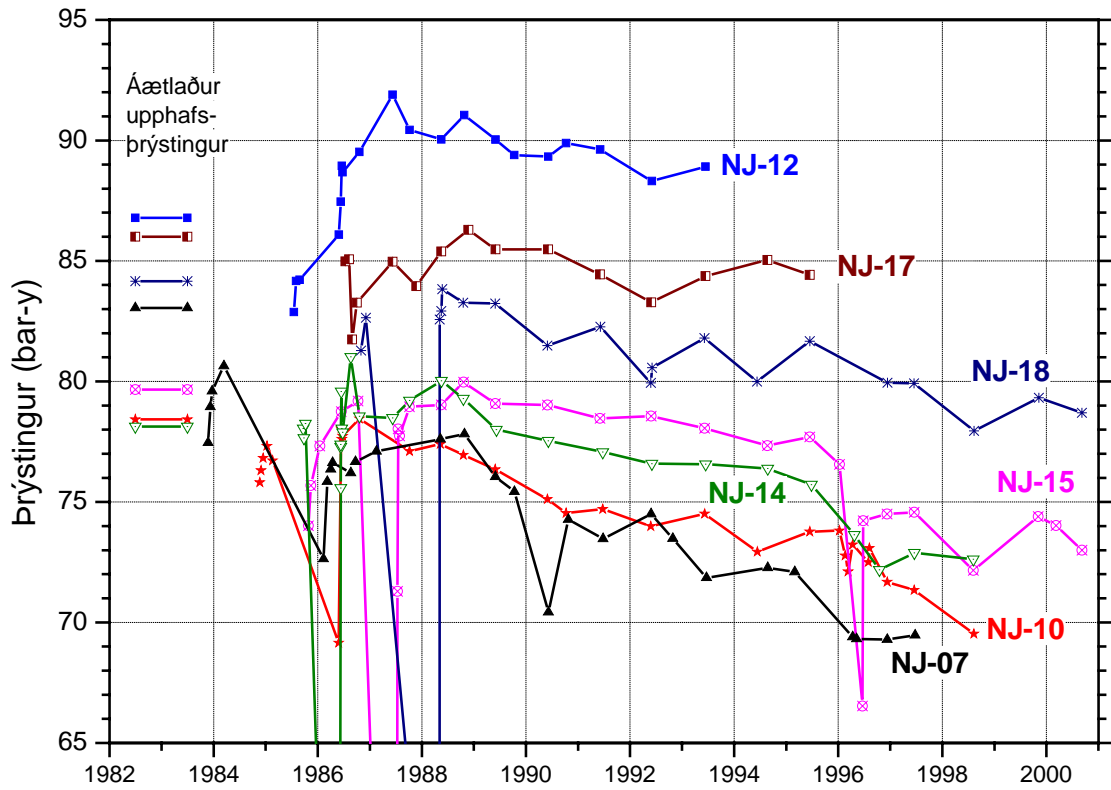
1. Lækkandi hiti í holu NG-7 á 800 m u.s. á árunum 1992–7. Þetta er vegna minnkandi suðu í æðum á 800–1000 m dýpi, e.t.v. vegna vinnsluáhrifa frá holu NJ-11. Önnur afleiðing af minnkandi suðu var fallandi toppþrýstingur á holunni. Kælingarinnar gætir ekki djúpt í NG-7.
2. Hola NJ-18 sýnir hækkandi hita á 1400 m u.s. Hitnunin á þessu dýpi er þó aðeins 2–3°C, en er allt að 15°C ofar í holunni. Því verður að telja að hiti djúpt við holu NJ-18 fari hækkandi (sjá mynd 31).
3. Á Kolviðarhóli hefur hiti á 400–1200 m dýpi í holu KhG-1 farið hækkandi síðan 1992. Hitnunin var hröðust fram til 1995, allt að 20°C, en hægari síðan. Í heildina er hitnunin á þessu dýptarbili um 20–30°C frá 1992. Neðan 1300 m dýpis hefur hiti verið stöðugur í KhG-1 frá lokum borunar.
4. Hiti í ÖJ-1 á Ölkelduhálsi hefur verið nokkuð stöðugur frá lokum borunar 1995. Mælingar síðustu ára hafa þó leitt í ljós að berghiti er hærri á 500–700 m dýpi en áður var áætlað og virðist berghitaferillinn við holuna vera viðsnúinn um 5–10°C

neðan 700 m dýpis. Vísbending er um 2–3°C kælingu í mælingunni frá árinu 2000. Mælingar næstu ára munu skera úr um hvort þetta er raunveruleg kæling eður ei.

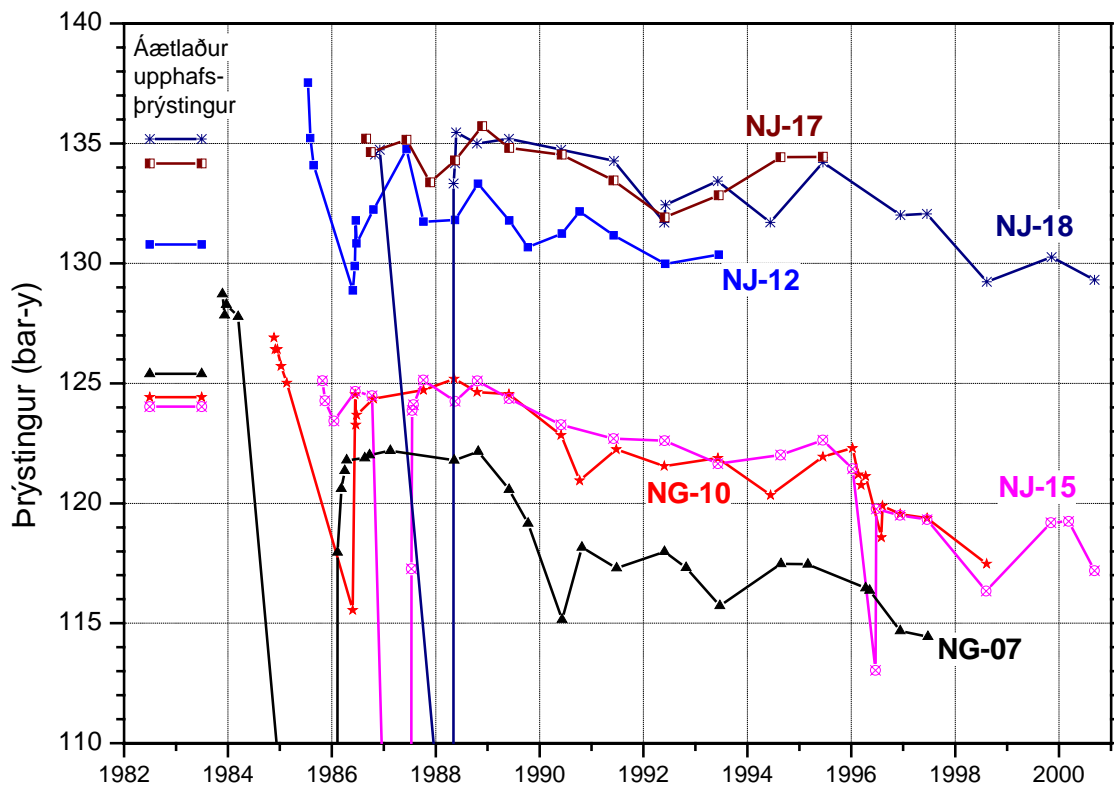


Mynd 43. Hiti á 1400 m dýpi undir sjávarmáli á Nesjavöllum.

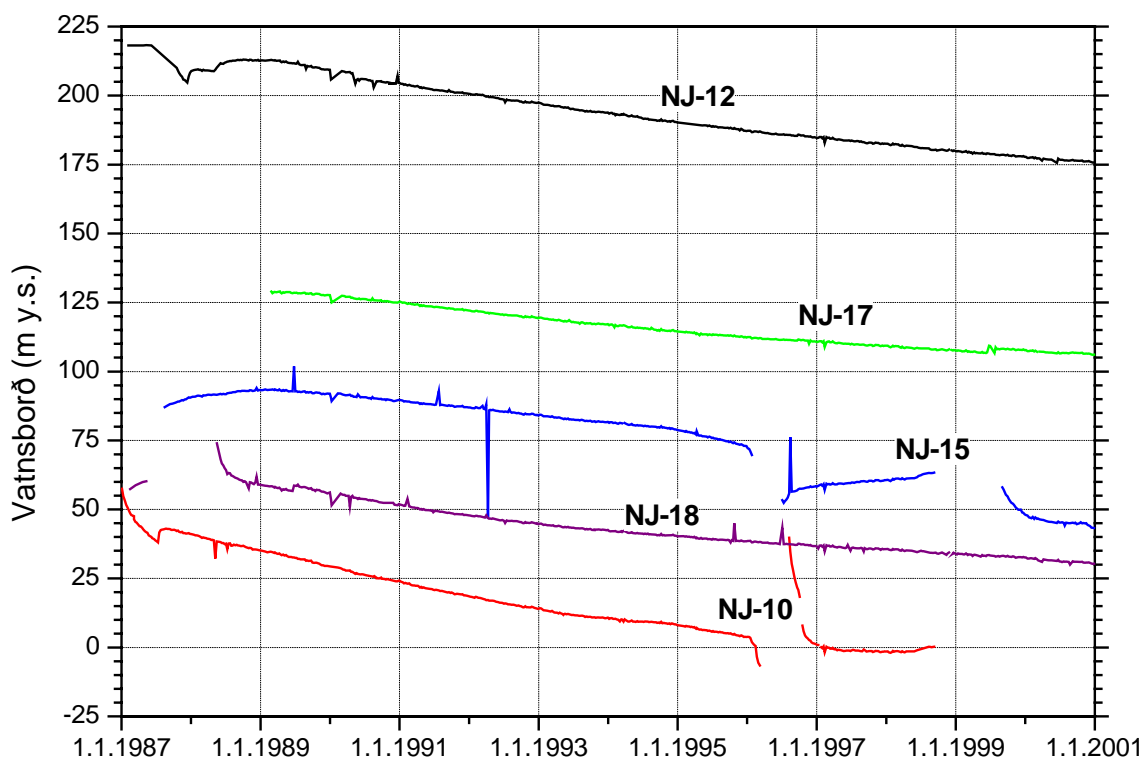
Myndir 44 og 45 sýna þróun þrýstings á 800 m og 1400 m u.s. í eftirlitsholunum á Nesjavöllum. Þetta eru ekki viðmiðunardýpi hvarrar holu (dýpi helstu vinnsluæða) og því gætir einhverra hitatruflana í þrýstiferlunum. Dæmi um hitatruflun er hve mældur þrýstingur grunnt í holu NJ-12 stemmir illa við áætlaðan upphafsþrýsting. Burtséð frá hitatruflunum og þrýstibreytingum sem fylgja blástursprófunum er ljóst að þrýstingur fer lækkandi í öllum holunum eins og fram hefur komið í umfjölluninni í kafla 3 hér að framan. Þrýstilækkunin í svæðinu kemur einnig fram sem lækkandi vatnsborð í holum sem standa þrýstingslausar. Á mynd 46 eru sýndar vatnsborðsmælingar starfsmanna Orkuveitu Reykjavíkur á Nesjavöllum, en vatnsborðsmælingar eru einn þátturinn í vikulegu eftirliti með borholunum á Nesjavöllum. Það athyglisverðasta við mynd 46 er að vatnsborðslækkunin er nokkuð stöðug í holunum og eykst ekki eftir 1998 þegar raforkuverið fór í gang og vinnsla úr jarðhitakerfinu því stóraukin. Þetta gildir a.m.k. um holur NJ-12, 17 og 18. Meiri óvissa er um vatnsborðbreytingarnar í holu NJ-15 þar sem hún hefur blásið með hléum síðustu ár.



Mynd 44. Prýstingur á 800 m dýpi undir sjávarmáli á Nesjavöllum.



Mynd 45. Prýstingur á 1400 m dýpi undir sjávarmáli á Nesjavöllum.



**Mynd 46.** Vatnsborðsmælingar í nokkrum holum á Nesjavöllum.

Þrýstilækkunin á Nesjavöllum er breytileg eftir holum, auk þess sem tímabilið sem mæligögnin ná yfir er mislangt. Í töflu 4 eru dregnar saman upplýsingar um þrýstilækkunina í eftirlitsholunum á Nesjavöllum og vatnsborðsbreytingar í þeim. Tekið er fram í töflunni yfir hvaða tímabil mælingarnar ná og hvert sé viðmiðunardýpi fyrir þrýsting í hverri holu. Þá eru einnig teknar með upplýsingar um þrýstibreytingar í rannsóknarholunum á Kolviðarhóli og Ölkelduhálsi.

**Tafla 4.** Þrýsti- og vatnsborðslækkunir í eftirlitsholum.

Hola	Viðmiðunardýpi (m)	Þrýstilækkun (bar)	Tímabil	Vatnsborðslækkun (m)	Tímabil
NG-7	1400	~11	1983–1997		
NG-10	1500	~7	1984–1998	~40	1988–1998
NJ-12				~43	1987–2001
NJ-15	1500	~7	1985–2000	~50	1989–2001
NJ-17				~23	1989–2001
NJ-18	1700	~6	1986–2000	~30	1989–2001
KhG-1	1400	~1	1985–2000	~ -45*	1986–2000
ÖJ-1	900	~3	1995–2000		

\*Ath. vatnsborðshækkun í KhG-1

Samandregnar niðurstöður þrýsti- og vatnsborðsmælinga á Nesjavöllum, Kolviðarhóli og Ölkelduhálsi eru eftirfarandi:

1. Vinnslan á Nesjavöllum hefur valdið lækkandi þrýstingi í svæðinu með tíma. Flestar mælingar benda til þess að lækkunin inni á vinnslusvæðinu sé um 7 bar frá upphafi (fyrir 1985) til ársins 2000 og gildir þetta bæði um holur uppi á stallinum og í Nesjavalladal.
2. Holur sem skera sig út úr eru hola NG-7 sem sýndi 11 bar niðurdrátt fram til 1997 og hola NJ-18 með 5 bar niðurdrátt til ársins 2000. Lítil niðurdráttur í holu NJ-18 skýrist af fjarlægð hennar frá vinnslusvæðinu en mikill niðurdráttur í holu NG-7 hefur verið skýrður á þann veg að holan væri í greiðum tengslum við holu NJ-11 og hefði blástur þeirrar holu áhrif á þrýsting í NG-7.
3. Lækkandi vatnsborð í Nesjavallaholum er nokkurn veginn í takt við lækkandi þrýsting í jarðhitakerfinu, enda litlar hitabreytingar í eftirlitsholunum. Athyglisvert er að ekki skuli sjást hraðari vatnsborðslækkun í holum NJ-12, 17 og 18, eftir að vinnsla úr Nesjavallakerfinu var aukin 1998.
4. Engar þrýstibreytingar mælast í jarðhitakerfinu við Kolviðarhól, en hækkandi vatnsborð skýrist af hitabreytingum á 400–1200 m dýpi.
5. Þrýstingur á Ölkelduhálsi hefur lækkað um 3 bar eftir 1995. Talið er hugsanlegt að hin mikla skjálftavirkni á svæðinu undanfarin ár með tilheyrandi sprungu-hreyfingum og lektarbreytingum sé orsök þrýstilækkunarinnar.

Mælingaeftirlitið með jarðhitakerfi Nesjavalla sýnir að kerfið er við góða heilsu. Mjög litlar hitabreytingar mælast og þrýstibreytingar eru hægar. Mælingagögnin hafa legið til grundvallar við hermireikninga af kerfinu og sýna framtíðarspár að þrýstingur muni lækka með svipuðum hraða næstu áratugina. Verulegum hitabreytingum er heldur ekki spáð, en vegna minnkandi suðu er ljóst að vermi muni fara lækkandi (Grímur Björnsson o.fl. 2000).

## 4.2. Skotgöt á fóðringum háhitaholna

Það skiptir miklu máli að fóðringar í háhitaholum séu vel bundnar við bergið með sterkri steypu. Hitapennsla er mikil í stáli og eru mörg dæmi um að holutoppar gangi upp þegar illa steypar fóðringar hitna og eins eru mörg dæmi um skemmdir á fóðringum vegna lélegrar steypingar. Það verklag komst á um 1980, þegar ekki tókst að steypa fóðringu upp í einum áfanga, að finna steypuborð utan fóðringar með hljóðbylgjumælingu. Skjóta síðan göt á fóðringuna á móts við steypuborðið og dæla steypu út í gegnum götin og upp með fóðringunni þannig að tryggt væri að fóðringin væri steypd frá botni upp í holutopp. Reynslan af þessu hefur verið bæði góð og slæm. Það góða er að lítillar hitapenslu hefur gætt á holutoppi, sem gjarnan hafa ekki gengið upp nema örfáa sentimetra, þegar fóðringar hitna og holur hefja blástur. Þá hafa heldur ekki verið dæmi um að fóðringar hafi krumpast, lagst saman eða slitnað eins og dæmi voru um áður. Hins vegar hefur komið í ljós að skotgötin á fóðringunum geta í vissum tilvikum verið til bölvunar. Þannig kom í ljós í holu K-23 í Kröflu að sementsleðja leitaði inn um götin og stíflaði holuna. Það sama gerðist í holu KhG-1 á Kolviðarhóli og holu NG-7 á Nesjavöllum eins og getið er um hér að framan. Þá kom einnig í ljós í hitamælingum 1998 að skotgöt á fóðringu holu NJ-16 á Nesjavöllum leiði kalt vatn inn í



holuna. Til fróðleiks er sýnt í töflu 5 hvar skotgöt er að finna á fódringum holnanna á Nesjavöllum og á Kolviðarhóli.

**Tafla 5.** Skotgöt í fódringum Nesjavalla- og Kolviðarhólsholna.

HOLA	Dýptarbil (m), m.v. drifborð		Fjöldi eggja
	13 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ” fódring	9 <sup>5</sup> / <sub>8</sub> ” fódring	
NG-07		180,7–182,3	8 egg
NJ-13		269,15–275	8 egg
		238,25–242	5 egg
		256,8–261	4 egg
		185–190,5	8 egg
NJ-15	204,1–206,2		8 egg
NJ-16		265,4–266,5	8 egg
		252,85–253,95	8 egg
		102,4–103,5	8 egg
KhG-1		395,8–398,5	8 egg
		378,35–381	8 egg
		108,15–110,45	7 egg

Þessi reynsla frá Nesjavöllum, Kolviðarhóli og Kröflu, sýnir að það er tvíþent að skjóta göt á fódringar til að ljúka steypingu þeirra. Það hefur líka verið þróunin síðustu ár að beita öllum ráðum til þess að komast hjá götun fódringanna. Þegar ekki hefur tekist að steypa fódringuna upp í einum áfanga, hefur lekt niður á milli fódringa verið könnuð með ádælingu vatns (jafnvel undir þrýstingi). Í flestum tilvikum hefur tekist að dæla vatni, og síðan steypu, niður á milli fódringanna, allt niður undir yfirborðið fyrstu steypu, þannig að aðeins fáeinir metrar af fódringunni hafi verið skildir eftir ósteyptir við steypuskilin. Í einstaka tilvikum hefur þetta þó ekki verið hægt og aðeins í þeim tilvikum hefur verið gripið til þess ráðs að skjóta göt á fódringu.

Í einstaka tilvikum hefur efsti hluti fódringar verið skilinn eftir ósteypur, t.d. í NJ-15, en þar voru efstu 30 m 9<sup>5</sup>/<sub>8</sub>” fódringarinnar ósteyptir (milli 9<sup>5</sup>/<sub>8</sub>” og 13<sup>3</sup>/<sub>8</sub>” fódringa), og jafnvel talið að milli 30 og 300 m dýpis væru steypugæði léleg. Fódringin hefur engu að síður staðist alla áraun fram að þessu. Dæmi um ósteyptan fódringarkafli út í berg er í holu K-13 í Kröflu. Vinnslufódring (9<sup>5</sup>/<sub>8</sub>”) þeirrar holu var steypur í þrepum, og átti neðra þrepið að ná frá 1058 m dýpi upp fyrir þrepasteypustykki á 368 m dýpi, en síðan átti að steypa efri hlutann í gegnum þrepasteypustykkið. Reyndin varð sú að fyrsta steypnan náði aðeins upp í ~560 m, og efra þrepið náði frá ~420 m upp í ~250 m. Skotið var á fódringuna á ~250 m dýpi og steypur upp, en kaflinn frá 420–560 m var skilinn eftir ósteypur. Fódringin hefur engu að síður staðið sig þrátt fyrir að hún hafi verið látin hitna upp og síðan kæld nokkrum sinnum (hreinsun og endurborun). Aldrei hefur orðið vart neinna þrengsla eða skemmda í fódringunni á móts við ósteypna kaflann.

## 5. FRAMHALD MÆLINGAEFTIRLITS

Eftirlitsmælingum á Nesjavöllum hafur verið hagað með svipuðum hætti síðan um 1985 og hefur verið hita- og þrýstimælt einu til tvisvar sinnum á ári í öllum þeim holum sem standa lokaðar eða er í blæðingu hverju sinni. Í dag eru þetta holur NJ-12, 15, 17 og 18. Reyndar útiloka fyrirstöður mælingar til botns í holum NJ-12 og NJ-17 svo í raun eru eftirlitsholurnar aðeins tvær, NJ-15 og NJ-18. Lagt er til að hola NJ-15 verði mæld áfram tvisvar á ári, en hola NJ-18 árlega þar sem hola NJ-15 er inni á vinnslusvæðinu, en hola NJ-18 utan þess. Þá er einnig lagt til að gert verði átak til að mylja fyrirstöðuna (steypumolann) í holu NJ-17. Öruggasta, en jafnframt dýrasta leiðin er að setja bor á holuna, en einnig hefur verið rætt um hvort ekki sé hægt að losa um og mylja steypumolann með lítilli sprengjuhleðslu.

Hola NJ-12 hefur verið að nokkru útundan í mælingum undanfarinna ára eftir áfallið þegar mælar festust í holunni og urðu eftir á 1168 m dýpi. Hita- og þrýstimælingar, þó ekki sé nema í 1100 m dýpi, gefa upplýsingar um jarðhitakerfið í Kýrdal og því er lagt til að holan falli að nýju inn í eftirlitið.

Auk eftirlitsholnanna er lagt til að vinnsluholurnar verði mældar þegar þær eru teknar úr vinnslu um lengri tíma. Hvað varðar hávermiholurnar segir reynslan frá 1998 að slík hlé þurfi að vera 3–6 mánuðir í hóflegri blæðingu til að þrýstijöfnunin við holuna gangi til baka og mælingar sýni svæðisbreytingar.

Töluverðar breytingar hafa komið fram í rannsóknarholunum við Kolviðarhól og Ölkelduháls, bæði hvað varðar hita (einkum KhG-1) og einnig þrýsting (ÖJ-1). Því er lagt til að mælingaeftirlit í holunum verði óbreytt og holurnar hita- og þrýstimældar árlega næstu árin.

## 6. HEIMILDIR

- Benedikt Steingrímsson, Guðrún Sverrisdóttir, Hjalti Franzson, Helga Tulinius, Ómar Sigurðsson og Einar Gunnlaugsson, 1986: *Nesjavellir Hola NJ-16. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar*. Orkustofnun OS-86030/JJHD-10, 149 s.
- Benedikt Steingrímsson 1999: *Nesjavellir hola NJ-20. Berghiti og þrýstingur vatnsæða*. Orkustofnun, GRG BS-99-02, 7 s.
- Benedikt Steingrímsson og Hjalti Franzson 1999: *Nesjavellir hola NJ-19. Berghiti og þrýstingur vatnsæða*. Orkustofnun, GRG BS/HF-99-01, 6 s.
- Benedikt Steingrímsson, Grímur Björnsson og Ómar Sigurðsson 2000: *Þrýstilækkun í Hveragerði og Ölfusdal*. Orkustofnun, GRG BS/GrB/Ómar-2000/03, 3 s.
- Gretar Ívarsson, Einar Gunnlaugsson og Gestur Gíslason 2000: *Gufuborholur 1997, 1998, 1999. Afl, vatnsborð og vinnsla*. Orkuveita Reykjavíkur, Tæknimál 9-2000, (76 s).
- Grímur Björnsson, Ómar Sigurðsson, Guðmundur S. Böðvarsson og Benedikt Steingrímsson 2000: *Nesjavellir. Endurkvarðað reiknilíkan og spár um ástand jarðhitakerfis við aukna vinnslu*. Orkustofnun, OS-2000/019, 40 s.
- Ómar Sigurðsson 1994: *Mælingaefirlit 1994 á Nesjavöllum og Kolviðarhóli*, Orkustofnun, OS-94063/JHD-37 B, 55 s.
- Ómar Sigurðsson 1997a: *Mælingaefirlit 1996 á Nesjavöllum, Kolviðarhóli og Ölkelduhálsi*. Orkustofnun, OS-97011, 64 s.
- Ómar Sigurðsson 1997b: *Mælingaefirlit 1997 á Nesjavöllum, Kolviðarhóli og Ölkelduhálsi*. Orkustofnun, OS-97065, 54 s.
- Ómar Sigurðsson og Benedikt Steingrímsson 1995: *Hitaveita Reykjavíkur. Mælingaefirlit 1995 á Nesjavöllum og Kolviðarhóli*. Orkustofnun, OS-95048/JHD-32 B, 71 s.
- Ómar Sigurðsson og Einar Gunnlaugsson 1988: *Nesjavellir. Hola NJ-15, 4. Áfangi Upphtiun, upphleyping blástur og jöfnun þrýstings eftir blástur*. Orkustofnun, OS-88023/JHD-13 B, 58 s.