



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

LAUGALAND Á ÞELAMÖRK
Hola LPÝ-9

Ólafur G. Flóvenz
Jens Tómasson
Grímur Björnsson

Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar

OS-90040/JHD-21 B

Október 1990



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 611601

LAUGALAND Á ÞELAMÖRK
Hola LPÝ-9

Ólafur G. Flóvenz
Jens Tómasson
Grímur Björnsson

Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar

OS-90040/JHD-21 B

Október 1990

EFNISYFIRLIT

SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR	3
1. INNGANGUR	3
2. BORUN LÞÝ-9	5
3. JARÐLÖG	5
4. HITAMÆLINGAR	7
5. JAFNHITAKORT	9
6. LÍKANREIKNINGAR	9
7. UPPSTREYMISRÁÐIN OG HALLI HENNA	9
8. STAÐSETNING DJÚPRAR RANNSÓKNARHOLU	11
HEIMILDIR	12

SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

Niðurstöður mælinga í holu LPÝ-9 þrengja verulega mögulegar rennislisleiðir heita vatnsins, sem kemur upp til yfirborðs við bakka Hörgár neðan Þelamerkurskóla. Heita má öruggt að meginuppstreymi heita vatnsins sé á stuttum hluta sprungu milli hola LPÝ-5 og LPÝ-6. Halli uppstreymisrásarinnar er ekki þekktur með vissu en meiri líkur eru til að henni halli til suðausturs en norðvesturs. Ekki er talið svara kostnaði að bora fleiri grunnar holur til að ákvarða halla uppstreymisrásarinnar. Lagt er til að boruð verði 800 - 1400 m djúp rannsóknarhola milli hola LPÝ-5 og LPÝ-6 og hún staðsett miðað við að halli sprungunnar sé 3° til suðausturs. Þá ætti holan að hitta í uppstreymisráina á um 600 m dýpi, dýpra ef hallinn er minni en grynna ef hann er meiri. Ef hallinn er til vesturs eru yfirgnæfandi líkur á að það komi fram í hitamælingum þegar holan er orðin meir en 650 m djúpt og yrði borun þá hætt. Lagt til að holan verði þannig úr garði gerð að hún gæti nýst sem vinnsluhola ef hún hittir á aðaluppstreymi svæðisins.

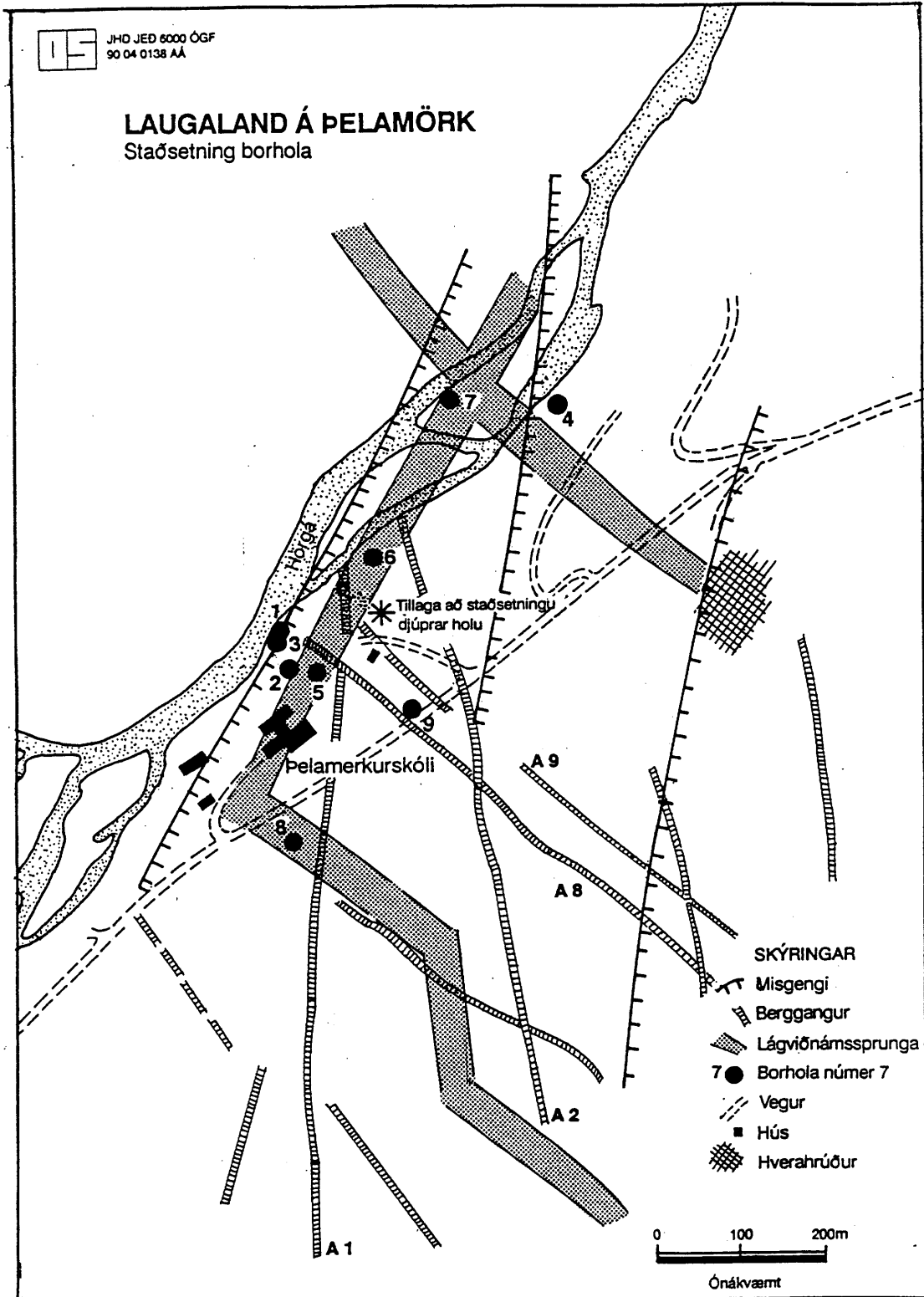
1. INNGANGUR

Dagana 26. - 30. september 1990 var hola LPÝ-9 boruð við Laugaland á Þelamörk. Tilgangur borunarinnar var að kanna hvort vatnið sem fram kemur í holum 1,2,3,5 og 6 væri aðrunnið frá hugsanlegri uppstreymisrás undir hlífðinni sunnan Þelamerkurskóla.

Í skýrslu Orkustofnunar, *Rannsóknarboranir við Laugaland á Þelamörk*, (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1990) og í greinargerð um hitamælingar í holu LPÝ-2 (Ólafur G. Flóvenz, 1990) var bent á að hugsanlegt væri að uppstreymi jarðhitans neðan 650 m dýpis væri undir hlífðinni suðaustan Laugalands. Síðan rynni vatnið nær lárétt eftir leku millilagi í hraunlagastaflanum að misgengi við bakka Hörgár þar sem það rynni lóðrétt síðasta spölinn upp til yfirborðs. Borun LPÝ-9 myndi sýna hvort slíkt lárétt rennsli gæti átt sér stað á 650 m dýpi. Ekki væri þó þörf á að bora alla leið niður á 650 m til að fá úr þessu skorið, 300-400 m hola myndi nægja, þar sem hitastigull í henni ætti að sýna með óyggjandi hætti hvort yfir 90°C heitt vatn væri þar til staðar á 650 - 700 m dýpi.

Áður en holan var boruð voru gerðir allumfangsmiklir útreikningar á því hvernig hitadreifing í jörðu væri miðað við ýmsar mismunandi rennislisleiðir heita vatnsins í jörðinni. Þessi útreikningar voru hluti af þjálfunarverkefni Biljana Milicevic, nemanda við Jarðhitaskóla Sameinuðu þjóðanna. Þannig var búið að reikna út hvernig hitinn í LPÝ-9 ætti að vera miðað við lárétt rennsli annars vegar og sprungu nærri árbakkanum hins vegar. Þessum útreikningum verða gerð nánari skil í skýrslu um lokaverkefnið (Biljana Milicevic, 1990).

Staðsetning holu LPÝ-9 er sýnd á mynd 1. Holunni var valinn staður í hlífðinni suður af þeim stað þar sem líklegast er að uppstreymisrás jarðhitans sé (milli LPÝ-5 og LPÝ-6). Jafnframt var reynt að vera vestan við misgengið, sem liggur milli hola 4 og annarra hola á svæðinu, og nærri tveimur berggöngum með NV-SA stefnu sem liggja milli hola LPÝ-5 og LPÝ-6 (þótt fátt bendi til að uppstreymisrásin sé tengd þeim). Þá var haft í huga að fara ekki meir en 150 - 200 m frá holu 2 til þess að bora ekki sunnan við hugsanlega uppstreymisrás undir hlífðinni.



MYND 1. Afstöðumynd af borholum og þekktum sprungum, göngum og misgengjum á Laugalandi á Pelamörk.

2. BORUN LPÝ-9

Borun holunnar hófst 26.9.1990. Áður var búið að grafa niður 4.6 m rör. Var borað niður úr því með 12¹/₂" lofthamarskrónu niður á 12 m dýpi. Í borskýrslum er sagt að "hálfgerð malar-drasl" sé niður á 6 m dýpi en þar fyrir neðan taki við klöpp. Hrun úr malarlaginu var til vandræða þannig að holan var hreinsuð með hjólakrónu, fyllt af geli og loks fódruð með 7⁵/₈" rör-um. Fóðringin var steypt úr 2 tonnum af sementi gegnum rörið og þess getið í borskýrslum að hnausþykk steypa hafi komið upp með því.

Borun holunnar hófst síðan að morgni 27.9. 1990 og var borað með 7" krónu og lofthamri niður á 171.8 m dýpi fram til kvölds. Ekkert vatn kom fram í holunni og var meðalborhraði 16.1 m/klst á hverja stöng. Daginn eftir var borun fram haldið og var holan orðin 245 m djúp að kvöldi. Meðalborhraði var 14.6 m/kls en þess jafnframt getið að hamarinn sé farinn að gefa sig. Var því tekið upp úr holunni og skipt um hamar. Þann 29.9. var haldið áfram með nýjum lofthamri og borað niður á 306 m dýpi. Örlítill leki kom fram þennan dag, 0.23 l/s í blæstri. Meðalborhraði var 9.9 m/klst. Þann 30.9. var borun fram haldið og borað fram til klukkan 16:23. Var þá ákveðið var að hætta borun þar sem sýnt þótti út frá hitamælingum að holan væri orðin nógu djúp til að veita þær upplýsingar sem leitað var eftir. Dýpið var þá orðið 367 m og gaf holan 0.26 l/s í blæstri. Meðalborhraði þennan daginn var 12.6 m/klst.

Holan var hallamæld reglulega meðan á borun stóð og urðu niðurstöður þessar:

Dýpi (m)	Halli (° frá lóðréttu)
55.9	1.5
104.7	1.5
153.5	1.0
203.3	2.2
251.1	2.0
299.9	2.6

Ekki er vitað í hvaða átt holunni hallar.

3. JARÐLÖG

Á mynd 2 er sýnt jarðlagasnið úr holu LPÝ-9. Það er ásamt eftirfarandi lýsingu á jarðlögum í holunni byggt á smásjárgreiningu borsvarfs:

0-4 m dýpi. Vantar svarf.

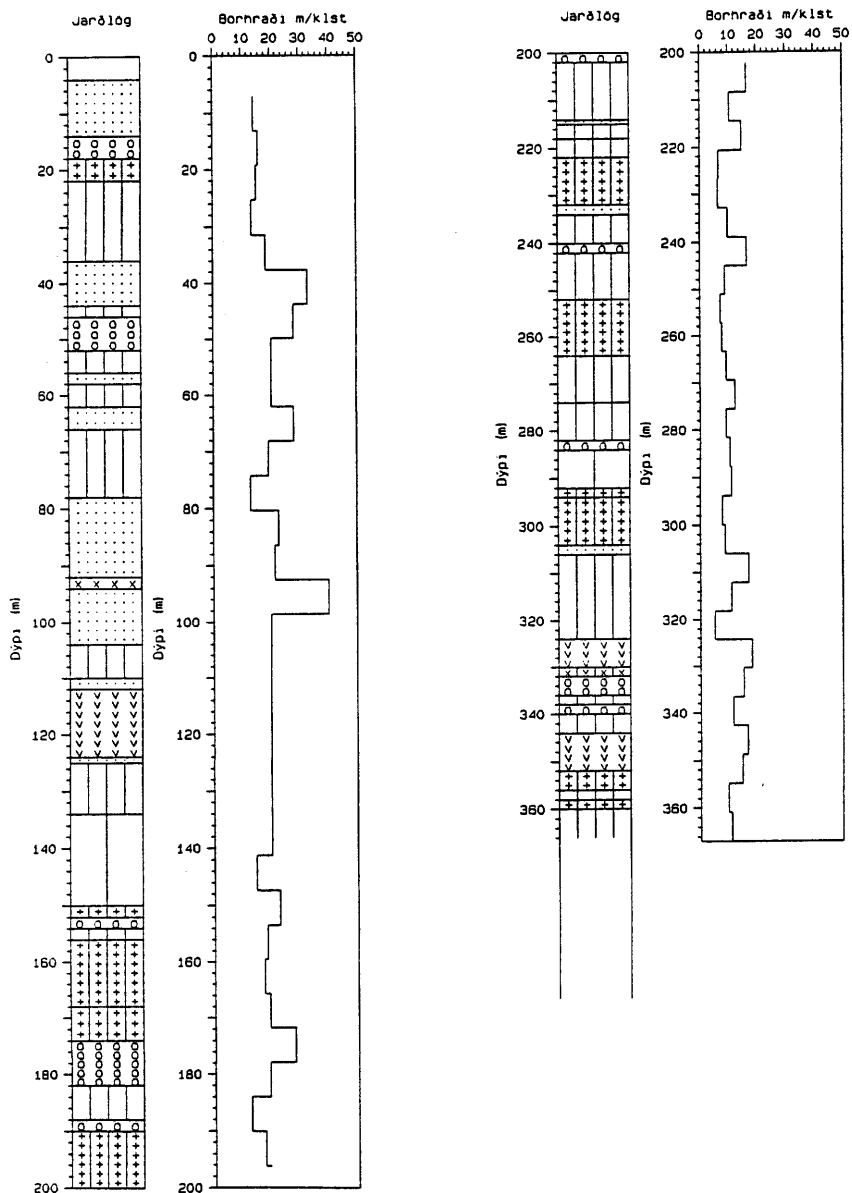
4-18 m dýpi. Laust set, jökulset með fínum leir og basaltdreifikornum, grófast neðst.

18-36 m dýpi. Misjafnlega gróft basalt mest fínkristallað, sennilega er þetta allt þóleiðbasalt með dreifðum plagíóklasdílum, fremur ferskt.

36-52 m dýpi. Set með einu þunnu fínkristölluðu basaltlagi, fína setið er rautt, en grófa setið er líkt jökulsetinu, leir og basalt.

JHD-JFR-6509 JT
90.10.0458 T

LAUGALAND Á ÞELAMÖRK
HOLA LPY-9



Skýringar við jarðlagasnið

- | | | | | | |
|--|---------------------------------|--|-------------------------|--|-----------------|
| | Fersklegt fin-meðalkorna basalt | | Ummyndað glerjað basalt | | Finkornótt set |
| | Ummyndað fin-meðalkorna basalt | | Sprungu í seti | | Grófkornótt set |
| | Ummyndað meðal-grófkorna basalt | | Túff | | Svarf vantar |

MYND 2. Jarðlagasnið úr holu LPY-9

52-78 m dýpi. Fínkristallað leirfyllt basalt með fáeinum rauðum millilögum. Ekki skýr mörk á milli leirfyllta basaltsins og grófa setsins.

78-125 m dýpi. Fínkorna set, túffkennt set og/eða túff, gegnumstungið af einu basaltlagi mjög leirfylltu. Setin eru brún til rauðleit með basalt dreifikornum sem eru minni en brotkornastærðin. Gegnum þennan setbunka kemur ein sprunga sem er fyllt með zeólítum (mesólít).

125-324 m dýpi. Samfelld basaltlög með rauðum millilögum, seti og karga. Lögin eru misjafnlega gróf og ummynduð og eru þykkustu lögin ferskust. Í þessum hluta holunnar eru mjög svipuð jarðlög og fundust í hinum holunum á sama dýptarbili nema í holu 5, og virðist mega rekja helstu setlögin á milli hola.

324-366 m dýpi. Basaltlög og setlög og/eða túff skiptast á. Þykkustu túfflögin eru greind sem set í holu 6. Eru þetta sömu lögin, en heldur þykkari og túffkenndari í þessari holu en í holu 6.

Ummyndun er svipuð og í hinum holunum og er mesólít/skólesít aðalzeólítinn og í svipuðu magni og í holum LPÝ-7 og LPÝ-8. Á 364 m dýpi fer að örla á laumontíti sem aðeins sést í holum 2 og 3.

Miklu meira er af setum í efstu 130 m en í hinum holunum. Reyndar finnast set á svipuðu dýpi í hinum holunum, en þau eru miklu þynnri. Mikið er af leirfylltu basalti í efstu 150 m og virðist þetta vera sami leirinn og í jökulsetinu. Þannig virðist sem fóðringin endi í jökulsetlaginu en ekki í klöpp eins og bormenn töldu og síðan hafi verið að smáhrynja úr setlaginu neðan fóðringarinnar meðan á borun stóð.

Ekki hefur unnist tími til að gera jarðlagamælingar í holunni, en með þeim má tengja jarðlög nákvæmlega milli hola og finna hvar misgegni eru og hvernig jarðlögum hallar. Áformað er að gera þessar mælingar samhliða hitamælingu í holunni síðar í haust.

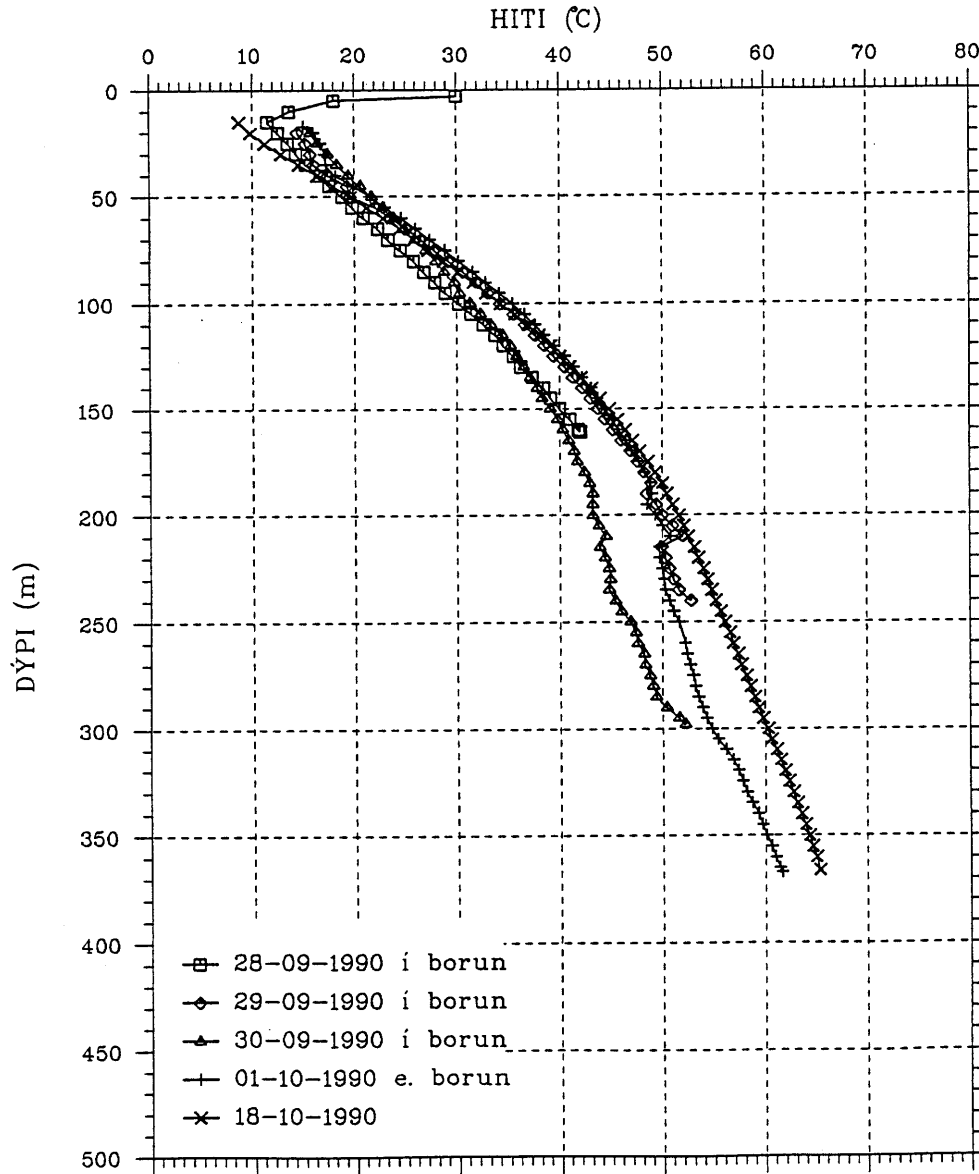
4. HITAMÆLINGAR

Alls hafa verið gerðar 5 hitamælingar í holunni fram til þessa. Þær eru sýndar á mynd 3. Þær eru allar gerðar að morgni áður en borun hófst nema sú síðasta sem gerð var 18.10. Mælingarnar að morgni 28.9 og 30.9 eru gerðar inni í borstöngum, sem voru fylltar með köldu vatni kvöldið áður. Mælingin að morgni 29.9. er gerð í holunni sjálfri, þar sem tekið var upp úr holunni að kvöldi 28.9., og mælingin að morgni 1.10. var gerð um hálfum sólarhring eftir upptekt að borun lokinni. Í þessum tilvikum fylltist holan af volgu vatni úr eigin æðum. Því eru þessar tvær síðarnefndu mælingar minna kældar en hinar.

Hitamælingar í borun sýna smávægilega vatnsæð á um 210 m dýpi. Annars sýnir mælingin frá 18.10 berghita við holuna, sem teljast verður áreiðanlegur þar sem ekkert rennsli er í holunni og nægjnalega langur tími var liðinn frá því borun holunnar lauk.

19 Oct 1990 grb
L= 53909 Oracle

LAUGALAND Á ÞELAMÖRK, HOLA LPÝ-9 HITAMÆLINGAR



MYND 3. Hitamælingar úr holu LPÝ-9

5. JAFNHITAKORT

Með tilkomu holu LPÝ-9 opnast möguleiki á að draga upp jafnhitakort á mismunandi dýpi milli holanna við Laugaland. Á mynd 4 eru dregin upp slík jafnhitakort fyrir 100, 200, 300 og 400 m dýpi. Þar má sjá að á 100 m dýpi snúa jafnhitalínurnar u.þ.b. norður-suður, eða samsíða ganginum A-1 en þar fyrir neðan liggja þær samsíða sprungunni með árbakkanum og sýna glögglega að heitasti bletturinn er einhvers staðar milli LPÝ-5 og LPÝ-6.

6. LÍKANREIKNINGAR

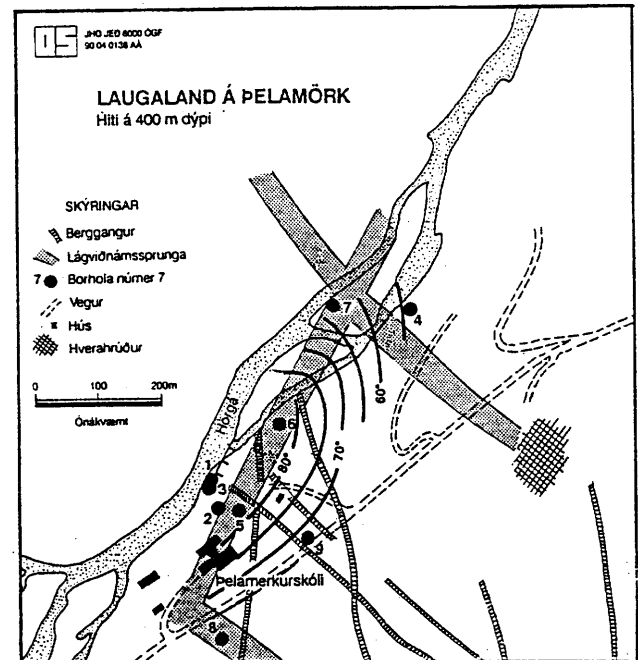
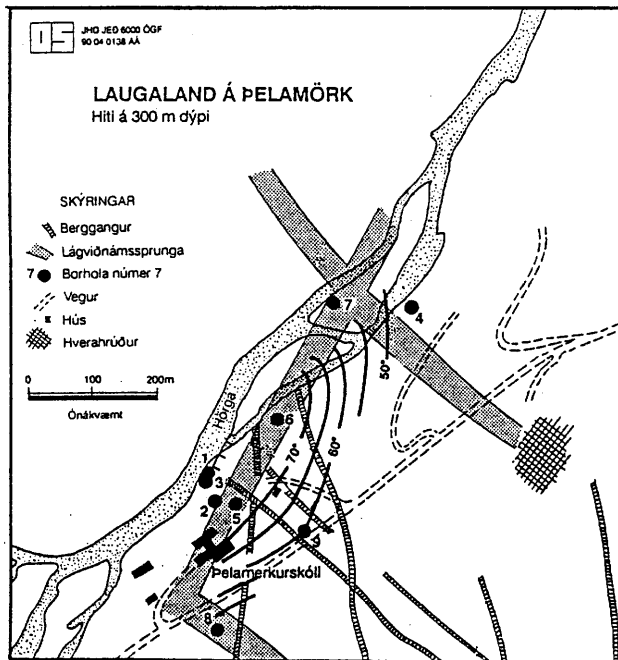
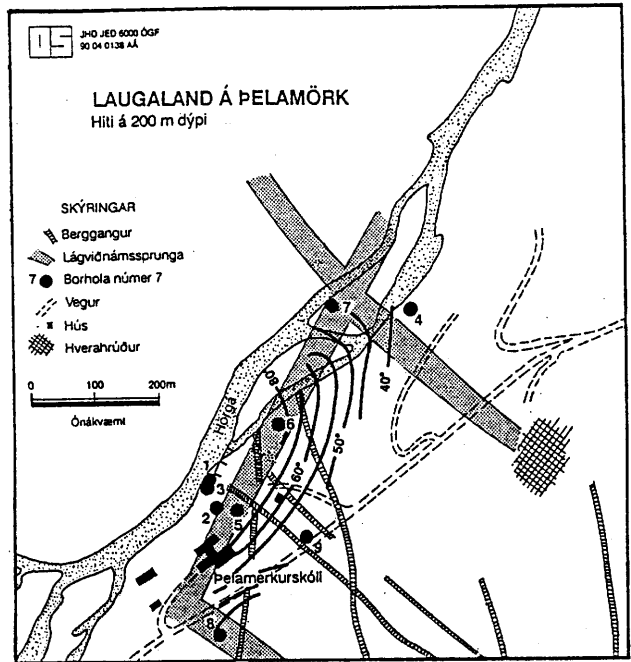
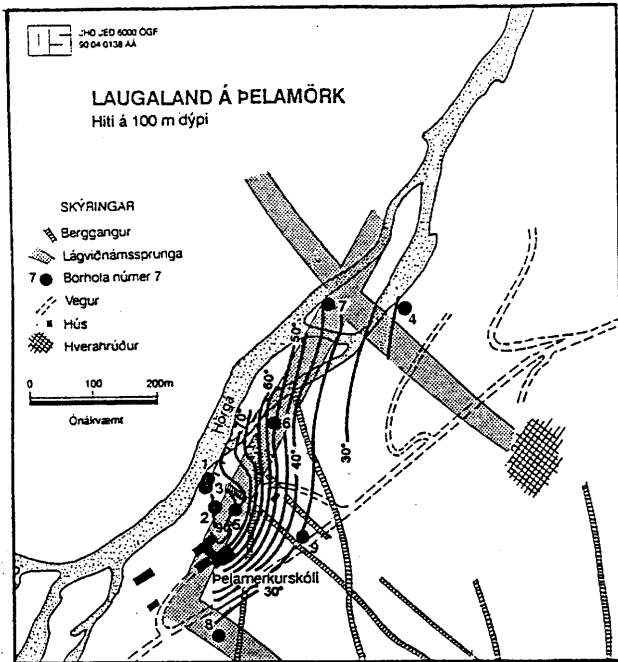
Þegar niðurstöður mælinganna úr holu LPÝ-9 eru bornir saman við útreiknaðan hita samkvæmt mismunandi líkönunum á rennislisleiðum vatnsins má draga eftirfarandi ályktanir:

1. Útilokað er að um lárétt aðstreymi frá uppstreymi undir hlífðinni sé að ræða.
2. Hitamælingarnar í holum 4, LPÝ-7, LPÝ-8 og LPÝ-9 útiloka einnig að um lárétt streymi geti verið að ræða að holum 2, LPÝ-5 og LPÝ-6 úr öðrum áttum, nema um til-
tölulegan skamman veg, trúlega minna en 100 - 150 m.
3. Útilokað er að gangarnir sem liggja með NV-SA (A-8 og A-9 á mynd 1) stefnu milli hola LPÝ-5 og LPÝ-6 séu aðaluppstreymisrás jarðhitans.
4. Hitamælingarnar í holum á svæðinu virðist eingöngu unnt að skýra með uppstreymi á stuttri sprungu eða stuttum hluta sprungu með árbakkanum eða samsíða N-S ganginum (A-1 á mynd 1). Jafnhitakortin á mynd 4 benda til þess að heita vatnið kunnist að fylgja N-S sprungu næst yfirborði en sprungu nær samsíða ánni neðan 200 m dýpis. Gangurinn og sprungan með ánni skerast við yfirborð þar sem uppstreymið er skv. hitamælingum, þ.e. milli hola LPÝ-5 og LPÝ-6.
5. Viðsúning í hita með dýpi neðan æða í LPÝ-5 má skýra með því að holan sé í um 50 m fjarlægð frá uppstreymisrás sem hallar frá holunni. Svipuð niðurstaða fæst ef viðsúningurinn í hita í holu 2 neðan 650 m er skoðaður, sprungunni verður að halla frá holunni.

7. UPPSTREYMISSRÁSIN OG HALLI HENNAR

Í ljósi þeirra upplýsinga sem aflað hefur verið með jarðeðlisfræðilegum mælingum og borunum má draga upp eftirfarandi mynd af uppstreymi jarðhitans:

1. Yfirgnæfandi líkur eru til að uppstreymisrás heita vatnsins sé sprunga sem annað hvort liggir með árbakkanum eða samsíða bergganginum, sem merktur er A-1 á mynd 1. Í báðum tilvikum verður að gera ráð fyrir að uppstreymið sé aðeins á litlum hluta sprungunnar milli hola LPÝ-5 og LPÝ-6 og í a.m.k. 50 m fjarlægð frá LPÝ-5. Ef uppstreymið er með sprungunni með ánni sýna hitamælingar í holum 4 og LPÝ-7 að uppstreymið hlýtur að vera bundið við mjög lítinn hluta hennar og þá milli hola LPÝ-5 og LPÝ-6. Ef uppstreymið er með sprungu sem liggur eins og gangurinn (A-1) getur hún teygst sig talsvert til norðurs án þess að vera í mótstögn við niðurstöður hitamælinga í holum 4 og LPÝ-7.



MYND 4. Jafnhitakort á 100, 200, 300 og 400 m dýpi á jarðhitasvæðinu við Laugaland á Pelamörk.

2. Hóla LÞÝ-6 sker þykka sprungu fyllta af útfellingum á 110 - 114 m dýpi. Þessi sprunga liggur í hraunlagi sem kemur fram ósprungið í hinum holunum samkvæmt jarðlagamælingum. Líklega er þarna um að ræða sprunguna sem liggur með árbakkanum eða einhvern anga frá henni. Þar sem hliðstæð sprunga kemur fram í setlagi í hólum LÞÝ-9 er ekki unnt að útiloka að um sé að ræða gamla og löngu fyllta sprungu sem liggja milli hola LÞÝ-6 og LÞÝ-9.
3. Viðnámsniðsmælingarnar benda ákveðið til þess að sprunga liggja með árbakkanum en útiloka ekki að leiðandi sprunga geti legið með þeim hluta gangsins (A-1) sem er norðan Hörgár. Hins vegar sýna viðnámsniðsmælingar nokkuð ótvírætt að gangurinn er þéttur sunnan Þelamerkurskóla.
4. Jafnhitakort á 200-400 m dýpi benda eindregið til þess að aðaluppstreymið sé milli hola LÞÝ-5 og LÞÝ-6, og tengist fremur sprungunni með árbakkanum en ganginum, a.m.k. neðan 200 m dýpis. Því er eðlilegt að bora næst á þessum slóðum.
5. Boranir sýna að mestar líkur eru á lekum jarðlögum í grennd við hólur 2, LÞÝ-5 og LÞÝ-6.

Halli uppstreymissprungunnar skiptir meginmáli í sambandi við staðsetningu á vinnsluholu, þ.e. hvoru megin við meinta uppstreymisrás hola skuli boruð. Þær vísbendingar sem við höfum um hallann eru:

1. Ganginum (A-1) hallar örugglega til vesturs enda fara hólur 2, 3 og LÞÝ-5 í hann og hola 2 í gengum hann. Uppstreymið er þó a.m.k. ekki með ganginum nærri þeim stað þar sem umræddar hólur fara í gegnum hann, en ekki er útilokað að uppstreymið geti verið með honum norðan Hörgár. Í því tilviki þyrfti að bora norðan Hörgár.
2. Hitamælingar úr holum 4, LÞÝ-7 og LÞÝ-9 benda hins vegar fremur til þess að halli uppstreymisrásarinnar sé austlægur hvort sem sprungan liggur með árbakkanum eða rétt við ganginn A-1.
3. Jarðlagamælingar í holunum sýna að misgengi liggur milli holu 3 og allra hinna og standa jarðlög hærra í hólum 3. Það þýðir að halli misgengisins er austlægur. Hugsanlegt er að uppstreymið sé með þessu misgengi. Ekki er vitað nákvæmlega hvernig það stefnir, það gæti legið allt frá því að vera samsíða ganginum A-1 og til þess að vera samsíða sprungunni með árbakkanum.

8. STAÐSETNING DJÚPRAR RANNSÓKNARHOLU

Þær rannsóknir gerðar hafa verið við Laugaland á Þelamörk afmarka allvel uppstreymissvæði jarðhitans, þótt halli uppstreymisrásarinnar sé ekki þekktur með vissu.

Ólíklegt er að fleiri grunnar hólur (300 - 400 m) gefi afdráttarlausar upplýsingar um hallann ekki síst vegna truflandi áhrifa láréttis rennslis næst uppstreymisrásinni. Því þarf hólur, sem er a.m.k. 800 m djúp til að komast niður fyrir það svæði þar sem lárétt rennslis er mest. Ef reynt yrði að leita áfram með grunnum holum, 300-400 m djúpum, mætti reikna með 3 holum í viðbót. Þær yrðu allar að fara gegnum margra tuga metra setlög þannig að kostnaður við 3 slíkar hólur færi vart undir 7,5 MKr. Miðað við þær verðhugmyndir sem í gangi eru við borun 800 m hólur virðist $8\frac{1}{2}$ " víð og 800 m djúp hólur, sem fódruð yrði í fast berg með 14" rörum, varla kosta meir en 6 MKr. Þá er eftir að rýma hana og fódra með $10\frac{3}{4}$ rörum í 250 m dýpi til að breyta henni í vinnsluholu.

Með hliðsjón af því að meiri líkur eru til þess að halli uppstreymisrásarinnar sé austlægur er lagt til að boruð verði hola milli hola LPÝ-5 og LPÝ-6 en suðaustan uppstreymisrásarinnar. Holan verði a.m.k. 800 m djúp og gert ráð fyrir að hún verði nýtanleg ef hún hittir á aðaluppstreymisrásina. Hún yrði þannig fódruð með a.m.k. $10^3/4$ " víðum rörum niður á um 240 m dýpi og vinnsluhluti hennar yrði a.m.k. $8^1/2$ " víður. Kanna þyrfti vandlega áður en í borunina yrði ráðist hvort það borgaði sig að setja vinnslufóðringu í holuna strax, eða að rýma hana og fódra eftir að í ljós hefur komið hvort hún skilar árangri.

Fylgst verði vel með hita í borun þannig að sjá megi hvort kæling finnist með dýpi neðan 650 m eins og í holu 2, en slíkt gæti einungis gerst ef halli uppstreymisrásarinnar væri öðruvísi en reiknað er með. Í því tilfelli yrði borun hætt á um 800 m dýpi en að öðrum kosti haldið áfram í allt að 1400 m dýpi.

Holunni verði valinn staður á eftirfarandi hátt: Markmiðið er að hitta á uppstreymissprunguna á 500-1000 m dýpi. Gert er ráð fyrir að hún liggi samsíða ánni og halli um 3° til SA og hafi komið fram á 100-114 m dýpi í holu LPÝ-6. Hiti á 400 m dýpi undir LPÝ-6 og LPÝ-5 benda til að á því dýpi sé uppstreymið u.þ.b. jafnlangt frá báðum holum og ýmislegt bendir til þess að það nálgist holu LPÝ-6 frekar með dýpi. Því verði holan staðsett heldur nær holu LPÝ-6 en LPÝ-5 og í um 31 m fjarlægð frá skurðlínu meintrar sprungu við yfirborð. Miðað við ofangreindar forsendur um halla ætti hún þá að hitta á sprunguna á um 600 m dýpi. Ef hallinn er hins vegar aðeins 1.5° ætti hún að hitta í sprunguna á um 1250 m dýpi en á um 250 m dýpi ef hallinn er 6° . Tillaga að staðsetningu holunnar er sýnd á mynd 1.

HEIMILDIR

Biljana Milicevic, 1990: *Interpretation and Modelling of the Temperature Distribution at Laugaland á Þelamörk*. Orkustofnun - Háskóli Sameinuðu Þjóðanna, (í vinnslu)

Ólafur G. Flóvenz, Sigmundur Einarsson, Margrét Kjartansdóttir, Hjálmar Eysteinnsson og Steinar Þór Guðlaugsson 1984: *Laugaland á Þelamörk. Jarðhitarannsóknir 1983-1984*. Orkustofnun, OS84095/JHD17, 88s.

Ólafur G. Flóvenz, Jens Tómasson, Grímur Björnsson, 1990: *Rannsóknarboranir við Laugaland á Þelamörk* Orkustofnun, OS-90014/JHD-02, 38s.

Ólafur G. Flóvenz, 1990: *Hitamælingar í holum 2 og 3 á Laugalandi á Þelamörk í júní 1990* Orkustofnun, greinargerð, ÓGF-90/07, 6s