



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Unnið

## **LAUGARENGI Í ÓLAFSFIRÐI**

**Jarðlög og borholumælingar í holum 1-4**

Jens Tómasson  
Hilmar Sigvaldason  
Guðni Axelsson

Unnið fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar

OS-92011/JHD-04 B

Mars 1992



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610622

## **LAUGARENGI Í ÓLAFSFIRÐI**

### **Jarðlög og borholumælingar í holum 1-4**

Jens Tómasson  
Hilmar Sigvaldason  
Guðni Axelsson

Unnið fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar

OS-92011/JHD-04 B

Mars 1992

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. HOLUR 1-4	5
3. JARÐLÖG	6
3.1 Greining borsvarfs	6
3.2 Flokkun jarðlaga	6
3.3 Jarðlagastaflinn	9
3.4 Gangar, sprungur og vatnsæðar	9
3.5 Ummyndun frumsteinda	10
3.6 Holufyllingarsteindir	10
4. BORHOLUMÆLINGAR	13
4.1 Hitamælingar	13
4.2 Berghiti	15
4.3 Hallamælingar	17
4.4 Jarðlagamælingar	19
5. NIÐURSTÖÐUR OG LOKAORÐ	22
HEIMILDIR	23
VIÐAUKI A	25
VIÐAUKI B	43
VIÐAUKI C	49

## MYNDASKRÁ

1. Jarðhiti í Ólafsfirði, yfirlitsmynd	4
2. Staðsetning borholna á Laugarengi	4
3. Einfaldað jarðlagasnið og borholumælingar úr holu 3	7
4. Einfaldað jarðlagasnið og borholumælingar úr holu 4	8
5. Einfölduð jarðlagasnið, berggangar, sprungur og vatnsæðar í holum 1-4	12
6. Áætlaður berghiti í jarðhitakerfinu undir Laugarengi	16
7. Niðurstöður hallamælinga í holum 2, 3 og 4	18
8. Tíðnidreifingar reiknaðs poruhluta, kísilsýru og viðnáms í holum 3 og 4	21

## TÖFLUSKRÁ

1. Borholur á Laugarengi. Upplýsingar úr gagnagrunni OS	5
2. Borholumælingar í holum á Laugarengi	14
3. Vatnsæðar í holum á Laugarengi	15
4. Hitagildi notuð við ákvörðun berghita	17
5. Hallamælingar holna á Laugarengi	19

## 1. INNGANGUR

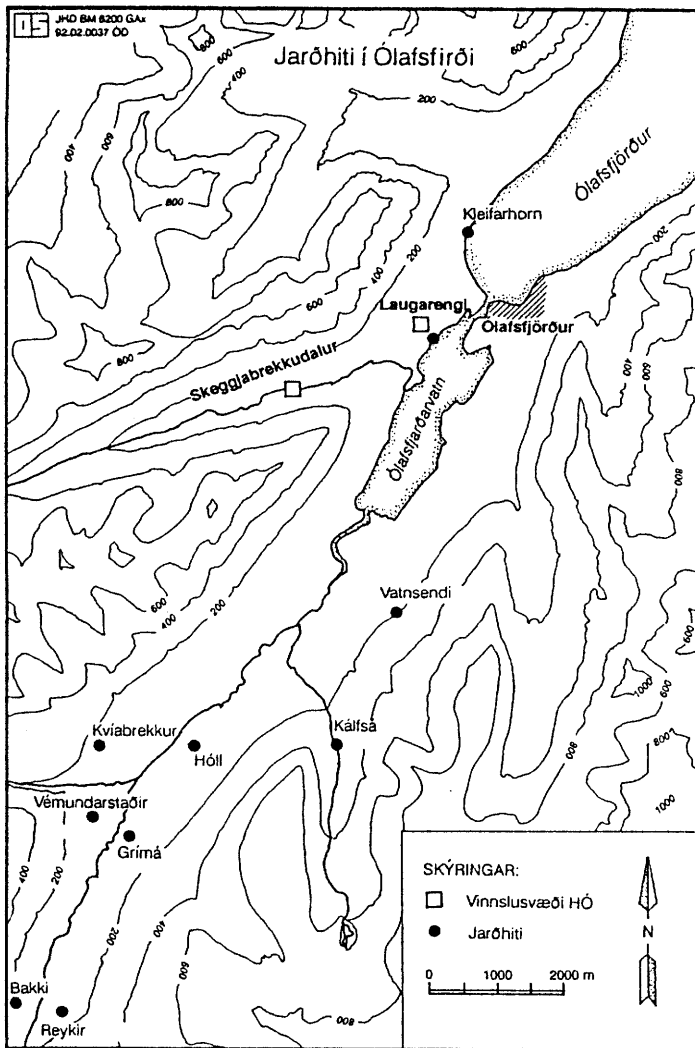
Í byrjun árs 1990 var gerður samningur milli Orkustofnunar og Hitaveitu Ólafsfjarðar um jarðhitarannsóknir, sem einkum skyldu miða að því að auka þekkingu á gerð og eðli jarðhitakerfisins undir Laugarengi og meta afkastagetu þess. Fram að þeim tíma hafði jarðhitasvæðið lítið verið rannsakað ef undan eru skildar takmarkaðar yfirborðsrannsóknir árin 1973 og 1977 (Ragna Karlsdóttir og Jóhann Helgason, 1978). Árið 1991 lauk forðfræðilegri athugun, sem gerð var samkvæmt samningnum (Guðni Axelsson, 1991). Tilgangur hennar var að afla nokkurra upplýsinga um gerð og eðli jarðhitakerfisins og meta afkastagetu þess með því að áætla langtíma viðbrögð (vatnsborðsbreytingar) kerfisins við vinnslu í framtíðinni. Staðsetning jarðhitasvæðisins á Laugarengi er sýnd á mynd 1.

Í þessari skýrslu er fjallað um greiningu á jarðlögum í holum 1- 4 á Laugarengi (mynd 2) og úrvinnslu þeirra borholumælinga sem gerðar hafa verið í holunum. Tilgangurinn var að gera jarðlagasnið fyrir jarðhitakerfið ásamt því að ráða í það hvað raunverulega stjórnar streymi heits vatns í kerfinu. Holur 3 og 4 voru boraðar með það í huga að uppstreymi heita vatnsins væri við berggang, sem laugarnar á svæðinu tengdust, en í rauninni hefur ekki verið skorið úr um hvort sú hugmynd var rétt. Einnig var tilgangurinn að kanna hitaástand jarðhitakerfisins ásamt því að afla upplýsinga um holurnar sjálfar, eins og halla þeirra og fleira.

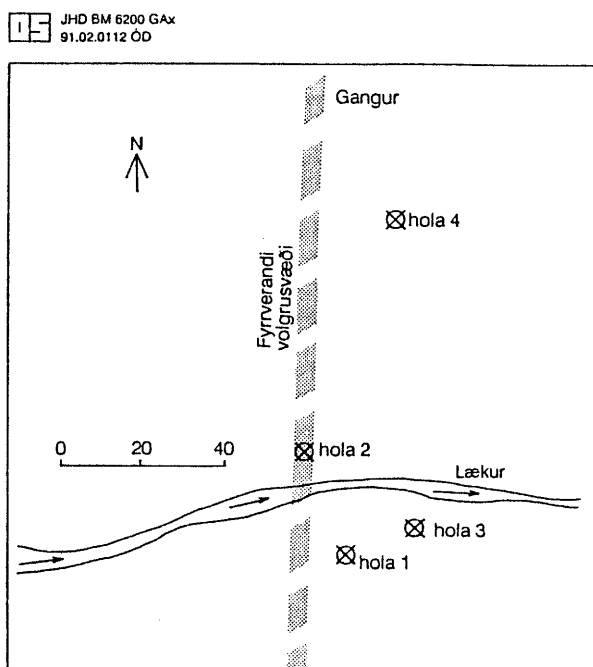
Þessar rannsóknir fóru þannig fram að í fyrsta lagi voru jarðlög í holunum greind með því að skoða borsvarf sem safnað var við borun holnanna, en það hafði ekki verið greint áður. Við greiningu jarðlaga var einnig höfð hliðsjón af borskýrslum (Jarðboranir rfskisins, 1972, 1973, 1974, 1975a, 1975b, 1982 og 1983) og jarðlagamælingum í holunum. Í öðru lagi var reynt að staðsetja vatnsgæfar æðar í holunum. Var það gert útfrá borskýrslum og hitamælingum úr holunum. Í þriðja lagi voru teknar saman allar mælingar úr holunum og unnið úr þeim. Eru það mælingar sem gerðar voru í holum 1 - 3 á árunum 1973 - 75, mælingar í holu 3 árið 1979, takmarkaðar mælingar sem gerðar voru í holu 4 árið 1982 er hún var í borun, hita- og hallamælingar holu 3 sumarið 1990 og ýmsar mælingar í holu 4 sumarið 1991.

Í framhaldi af þessum rannsóknum gerir samningur Orkustofnunar og Hitaveitu Ólafsfjarðar ráð fyrir kortlagningu sprungna og misgengja í nágrenni jarðhitans á Laugarengi og í Ósbrekkufjalli ásamt frekari jarðfræðikortlagningu á svæðinu. Að þeim rannsóknum loknum ætti að liggja fyrir mun betri mynd af gerð og eðli jarðhitakerfisins undir Laugarengi, en það er m.a. nauðsynlegur grundvöllur fyrir staðsetningu nýrrar holu á Laugarengi.

Þess má geta að í flestum eldri skrifum Orkustofnunar, og í gagnagrunni stofnunarinnar, er jarðhitakerfið á Laugarengi kennt við eyðibýlið Ósbrekku. En frá því samningur Orkustofnunar og hitaveitunnar var gerður 1990 hefur jarðhitakerfið verið kennt við Laugarengi að hætti heimamanna.



Mynd 1. Jarðhiti í Ólafsfirði, yfirlitsmynd (byggð á Ragna Karlsdóttir og Jóhann Helgason, 1978).



Mynd 2. Staðsetning borholna á Laugarengi.

## 2. HOLUR 1-4

Í töflu 1 má finna ýmsar upplýsingar um holurnar fjórar sem boraðar hafa verið á jarðhitasvæðinu á Laugarengi og er innbyrðis staðsetning þeirra sýnd á mynd 2. Mjög lítið hefur fundist af rituðum heimildum um forsendur fyrir staðsetningu holnanna, en þó er ljóst að öllum var ætlað að skera uppstreymisrás lauganna, sem talin var tengjast N-S berggangi sem liggur um svæðið (Ragna Karlsdóttir og Jóhann Helgason, 1978; Kristján Sæmundsson, 1981). Hóla 1 var boruð í lok árs 1972 og síðan dýpkuð í um 467 m tæplega ári síðar. Hóla 1 gaf rúmlega 1 l/s í sjálfrennsli. Hóla 2 var boruð seinni hluta árs 1973 og varð um 299 m djúp. Hún gaf einnig um 1 l/s í sjálfrennsli.

Holur 1 og 2 gáfu lítið vatn og nýttust því ekki sem vinnsluholur. Í október 1974 var hafist handa við borun hólunnar 3. Hún var boruð í 614 m án teljanlegs árangurs. Sumarið 1975 var hún dýpkuð í 1169 m og eftir það gaf hún um 13,5 l/s í sjálfrennsli, en seinna um 24 l/s með dælingu. Seinni hluta árs 1982 og fram í janúar 1983 var hólunnar 4 síðan boruð. Varð hún um 1485 m djúp og hefur reynst töluvert afkastameiri en hólunnar 3. Hóla 4 hefur verið vinnsluhóla Hitaveitu Ólafsfjarðar á Laugarengi síðan í byrjun árs 1983.

Tafla 1. Borholur á Laugarengi. Upplýsingar úr gagnagrunni OS.

Staðamr.	Hóla	Boruð	Dýpi (m)	Bor	Fóðring		Borkróna (")
					þvermál (")	dýpi (m)	
51421	OB-01	03.10.72 - 15.12.72	301,4	Ýmir	10	10	4 3/4
	OB-01	23.08.73 - 18.11.73	466,7	Ýmir			4 3/4
51422	OB-02	26.09.73 - 13.11.73	298,7	Ýmir	10 3/4	6	5 5/8
51423	OB-03	15.10.74 - 25.01.75	613,8	Ýmir	10	5,7	6 3/4
	OB-03	12.05.75 - 30.07.75	1168,9	Glaumur	8 5/8	110	6 3/4
51424	OB-04	25.06.81 - 28.06.81	29,0	Höggbor 6	16	11	19 1/2
	OB-04	06.07.82 -	1091	Narfi	11 3/4	217	8 1/2
	OB-04	- 14.01.83	1484,8	Narfi			7 5/8

### 3. JARÐLÖG

Jarðlagastaflinn við Ólafsfjörð er að mestu gerður úr basalthraunlögum sem runnu á Tertíer tímabili jarðsögunnar og grófust smátt og smátt dýpra í staflann. Er hann yfir 10 milljón ára gamall. Á milli hraunlaganna eru misþykk millilög úr seti og karga (úfni hluti hraunlaganna) og einnig lárétt innskot úr samskonar hraunkviku og myndar hraunlögin. Lóðrétt gegnum jarðlagastaflann ganga síðan sprungur og berggangar, sem talið er að stjórni jarðhitavirkni á þessum slóðum. Jarðlagastaflinn er mjög rofinn af jöklum og vatni og talið er að þau jarðlög, sem nú eru við sjávarmál, hafi eitt sinn verið á um 1500 m dýpi.

#### 3.1 Greining borsvarfs

Sýni af borsvarfi úr holum 1-4 hafa verið varðveitt á Orkustofnun síðan holurnar voru boraðar, en ekki greind fyrr en nú. Í fyrstu var svarfið skoðað í víðsjá, jarðlög greind og einnig hluti ummyndunarsteinda. Með hliðsjón af borhraða og jarðlagamælingum (kafli 4.4) voru síðan gerð jarðlagasnið fyrir holurnar, jarðlögum skipt í syrpur og reynt að staðsetja bergganga og sprungur sem borað var í gegnum. Á næsta stigi voru ummyndunarsteindir greindar nánar með röntgenskoðun. Á þriðja stigi rannsóknanna voru gerðar þunnsneiðar af völdum sýnum. Með þeim er hægt að fá nánari upplýsingar um jarðlögin, t.d. um tengingar jarðlaga milli holna. Einnig er ummyndun bergsins athuguð betur í þunnsneiðunum, m.a. hvaða frumsteindir hafa ummyndast og í hvaða röð holufyllingasteindir hafa myndast.

Jarðlagasniðin fyrir holur 1 - 4 eru birt í viðauka A í lok skýrslunnar ásamt borhraða og hluta mælinga úr holunum, en einfölduð jarðlagasnið fyrir holur 3 og 4 ásamt mælingum á myndum 3 og 4. Hér að neðan verður síðan fjallað nánar um jarðlögin sem holurnar skera, einnig bergganga, sprungur og æðar auk ummyndunar jarðlaga á svæðinu.

#### 3.2 Flokkun jarðlaga

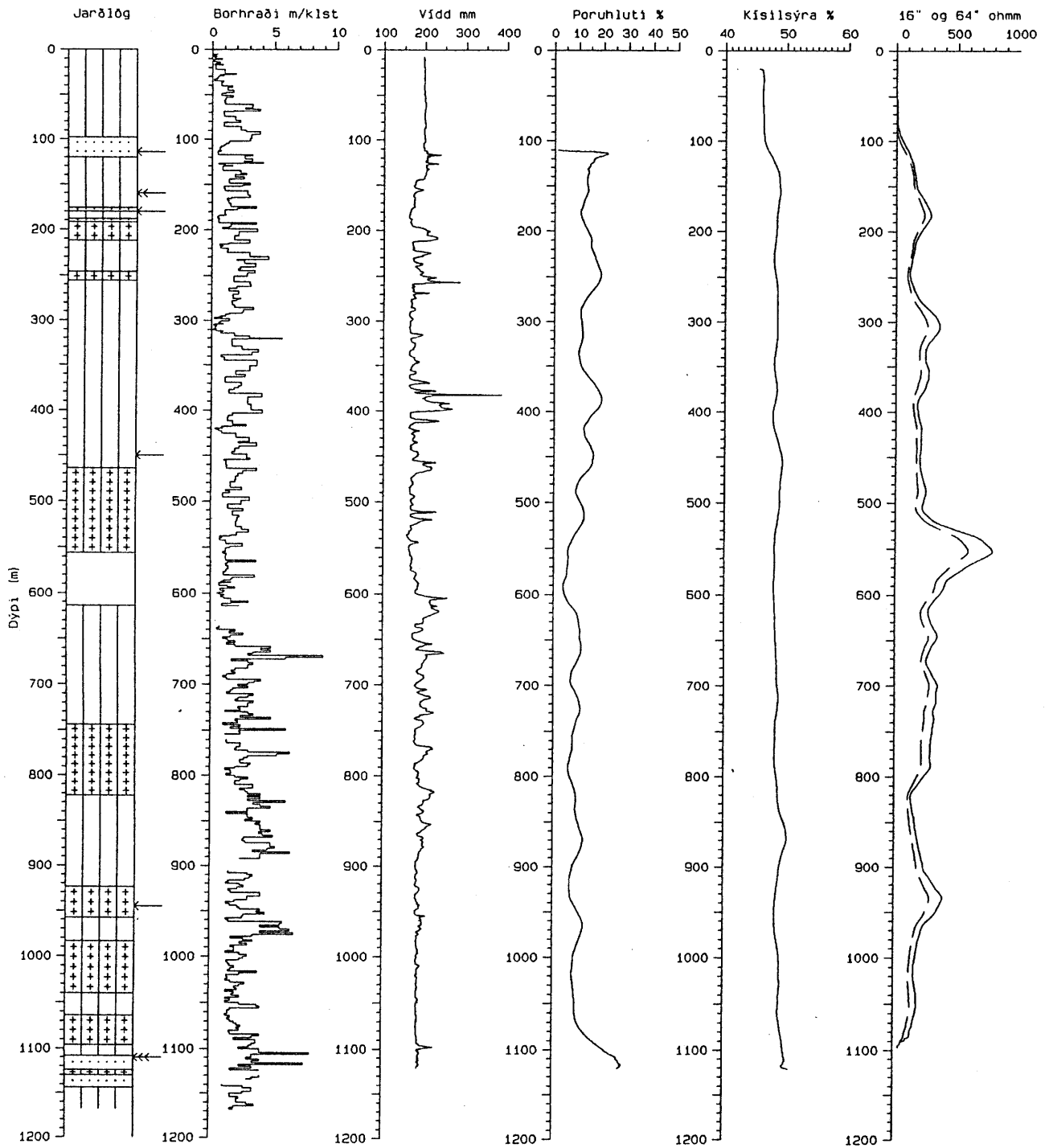
Jarðlögunum, sem greindust í holum 1 - 4, er á grundvelli svarfskoðunar skipt í eftirfarandi flokka á jarðlagasniðunum: (1) Fínkristallað basalt, (2) ferskt meðalgrófkristallað basalt, (3) ummyndað meðalgrófkristallað basalt, (4) ferskt glerríkt basalt, (5) ummyndað glerríkt basalt og (6) gróft set (millilög í staflanum).

Á grundvelli bergefnafræði og kristalbyggingar er íslensku basalti aðallega skipt í þrjá flokka: þóleiítbasalt, ólivínþóleiítbasalt og plagíóklasdílótt basalt. Basaltstaflinn í Ólafsfirði er mjög einsleitur og það sem hér er flokkað sem fínkristallað basalt er grófkristallað þóleiít eða jafnvel á mörkum þess að vera þóleiít og ólivínþóleiít. Það sem hér er flokkað sem meðalgrófkristallað basalt er sjaldnast mjög einkennandi ólivínþóleiítbasalt þó að slík lög finnist. Mörkin milli þess sem greint er sem meðalgrófkristallað og fínkristallað eru engan veginn mjög skýr. Einnig er plagíóklasdílótt berg flokkað sem meðalgrófkristölluð hraunlög og meðalgrófkristallaðir berggangar.

Það sem hér flokkast sem glerríkt basalt var erfitt að greina með víðsjá. Svört slikja sat á brotkornum, greinilega vegna oxunar. Í þunnsneiðum kom þó í ljós að hér var um mjög oxað basalt að ræða, oftast ólivínþóleiítbasalt. Set er hér flokkað í tvo flokka, fínt set og gróft. Fína setið er túffkennt og oftast rauðleitt, en grófa setið gæti að verulegu leyti verið hraunkargi.

JHD-FFR-6200-HS  
13.03.1992 T

# Laugarengi HOLA 0B-03

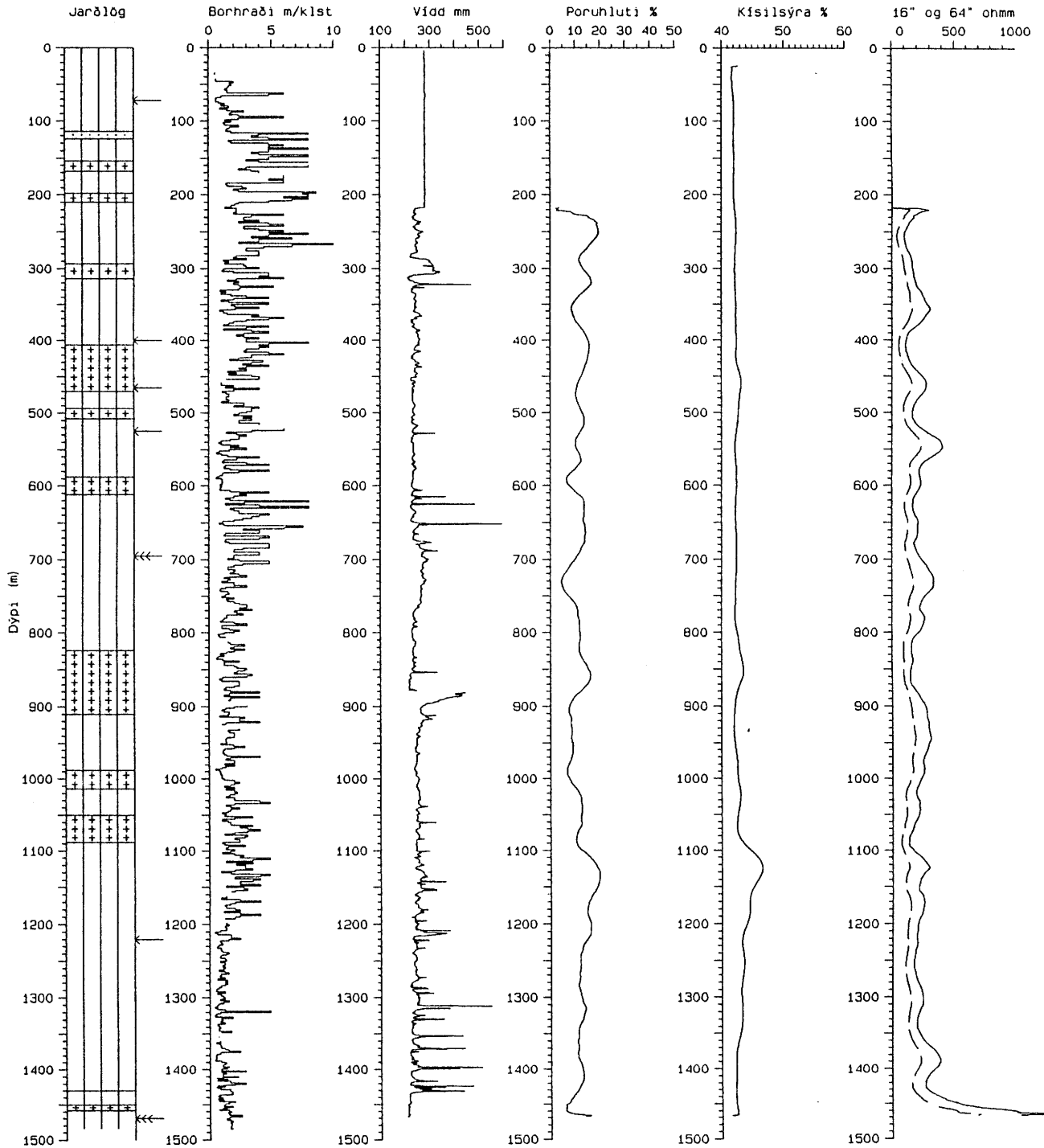


**Mynd 3. Einfaldað jarðlagasnið og borholumælingar úr holu 3.  
Skýringar, sjá mynd 5.**



JHD-FFR-6200-HS  
13.03.1992 T

# Laugarengi Hóla OB-04



Mynd 4. Einfaldað jarðlagasnið og borholumælingar úr holu 4.  
Skýringar, sjá mynd 5.

Berggangar eru gerðir af sama efni og hraunlögin, basaltkviku sem hefur þrengt sér lóðrétt inn í jarðlagastafinn. Engin ákveðin einkenni afmarka ganga frá basaltlögum. Þó eru nokkur atriði sem benda til bergganga frekar en basaltlaga. Gangar eru yngri en bergið, sem þeir skera og eru því að jafnaði ferskari (minna ummyndaðir) en grannbergið. Þetta á sér í lagi við um fremur grófkristallaða ganga, því að grófkristallað basalt ummyndast miklu hraðar en fínna kristallað basalt. Því er fremur gróft og ferskt berg líklegt til að vera gangberg. Gangar eru einnig blöðrulausir andstætt við basaltlög sem eru oft blöðrótt, einkum efri hluti laganna. Þar sem gangar eru nærri lóðréttir geta þeir virst mjög þykkir í borholum, þ.e.a.s. náð yfir langt dýptarbil, þó í raun séu þeir aðeins nokkrir metrar að þykkt. Engin leið er að greina annars konar innskot frá berggöngum. Því geta einhverjir ganganna, sem hér hafa verið greindir, í raun verið lárétt innskot.

### 3.3 Jarðlagastafinn

Allar holurnar á Laugarengi, nema hola 2, eru staðsettar austan við ganginn sem sýndur er á mynd 2 og þeim var ætlað að skera. Hola 2 var boruð beint ofan í ganginn. Hægt er að rekja einstök lög á milli holna í efstu 300 m jarðlagastafins. Setlag á rúmlega 100 m dýpi finnst í öllum holunum, nema hola 2. Einnig finnst lag úr ólivínþóleiðbasalti í kringum 200 m í öllum holunum, og lag úr þóleiði með dreifðum plagíóklasdílum í kringum 300 m dýpi í öllum nema hola 4. Það virðist því hægt að rekja lag fyrir lag á milli holnanna í efstu 300 metrunum. Það er því ekki ástæða til að ætla að veruleg misgengi séu á milli holnanna í efstu 300 m og ekkert hefur komið fram sem bendir til misgengis á meira dýpi. Að vísu er jarðlagastafinn mjög einsleitur og því ekki auðvelt að sjá misfellur í honum.

### 3.4 Gangar, sprungur og vatnsæðar

Mynd 5 sýnir einfölduð jarðlagasnið fyrir holurnar fjórar ásamt þeim berggöngum og sprungum sem fundist hafa. Auk þess eru helstu vatnsæðar sýndar á myndinni, en staðsetningar þeirra eru byggðar á breytingum á rennsli í borun og hitamælingum, sem fjallað verður nánar um hér á eftir (kafli 4.1).

Hola 1 virðist ekki skera bergganginn, sem talinn var uppstreymisrás lauganna. Hugsanlegt er að hola snerti hann, en hafi síðan borast niður með honum. Hólu 1 ætti því að halla nokkuð til austurs, en ekki reyndist unnt að hallamæla hana því hún er hrunin á um 50 m dýpi. Hola 2 var boruð ofan í umræddan berggang. Holur 3 og 4 virðast skera þennan gang á milli 400 og 550 m dýpis og einnig skera báðar holurnar annan gang á milli 1050 og 1100 m. Það vottar fyrir litlum vatnsæðum við efri ganginn í báðum holunum, við efri brún hans í holu 3 en beggja vegna hans í holu 4. Við neðri ganginn eru engar vatnsæðar. Gert er ráð fyrir að hér sé um tvo samsíða ganga að ræða.

Nokkuð góð æð á 695 m dýpi í holu 4 er í millilagi. Hugsanlegt er að vatnsgæf sprunga skeri þetta millilag nálægt holu 4 því ólíklegt er að millilög í þetta gömlum jarðlagastafli leiði vatn mjög langt. Ekki verður vart æðar á þessu dýpi í holu 3

Bestu vatnsæðarnar í holum 3 og 4 eru fyrir neðan þessa tvo ganga. Í holu 3 er það æð á 1110 m og tengist hún greinilega sprungu. Hún er í bergi sem var greint sem set og í miðju setsins var einnig greint meðalgróft basalt. Gerðar voru tvær þunnarneiðar af þessu bergi. Reyndist það allt mjög oxað. Setið er svart og ógegnsætt, en meðalgrófa basaltið

mjög oxað og ummyndað. Sennilega er um að ræða opna sprungu sem hefur myndast við yfirborð. Í sprunguna hafa fallið molar úr grannberginu og mjög fínkorna glerkennt aðkomið efni (áfok). Þetta hefur svo oxast mjög mikið meðan kalt súrefnisríkt vatn var í sprungunni. Þessi sprunga finnst ekki í holu 4. Hún hefur því væntanlega aðra stefnu en gangarnir. Í holu 4 er aðal vatnsæðin á 1470 m dýpi sennilega einnig tengd sprungu, en það er þó ekki eins víst og í holu 3. Svo mikið skoltap var við æðina í borun að svarfið kom mjög illa upp eftir að borað var í gegnum hana. Í því litla svarfi sem upp kom sjást hvorki merki um gangberg né berg úr þykku millilagi. Því er líklegast að í holu 4 sé einnig um sprungu að ræða. Á mynd 5 eru auk þess sýndar aðrar sprungur sem vísbendingar fundust um í svarfinu.

### 3.5 Ummyndun frumsteinda

Ummyndun bergstaflans í Ólafsfirði er af tvennum toga. Annars vegar ummyndun steinda og glers sem var í upprunalegu storkuberginu. Hins vegar myndun ummyndunarsteinda sem fallið hafa út úr vökva, sem leikið hefur um holur og glufur bergsins, eða svokallaðar holufyllingar, sem skiptast í kalsít, kvarssteindir og zeólíta. Ummyndun bergsins felur í sér upplýsingar um hitaástand jarðhitakerfisins og breytingar á því á jarðsögulegum tíma, því mismunandi ummyndun verður við mismunandi hitaástand. Ummyndun er mest þar sem vatn hefur átt greiðan aðgang að berginu, eins og við lagmót og sprungur.

Eins og áður segir var beitt þremur greiningaraðferðum við rannsókn ummyndunar í holum 1 - 4, greiningu með víðsjá, röntgengreiningu og greiningu í þunnsmáli. Í viðauka B er sýnd dreifing ummyndunarsteinda í svarfi úr holum 1, 3 og 4 ásamt einfölduðum jarðlagasniðum. Þar er auðkennt hvaða aðferð var beitt við greiningu steindanna.

Upprunalegar steindir basalts eru plagíóklas og pyroxen, sem oftast eru um 80 - 90 % bergsins. Auk þess finnst títanómagnetít í öllu basalti og ólivíni í hluta þess. Ekkert ólivín finnst í bergi undir Laugarengi, en á stöku stað sjást spor eftir ólivín, svo ætla má að allt ólivín hafi ummyndast í leirsteindir (smektít). Pyroxen ummyndast í brúnleitt leirsmektít og oft eru 40 - 50 % af upprunalegu pyroxen ummyndað. Þó er þetta mjög misjafnt frá einum stað til annars og jafnvel frá einu svarfkorni til annars. Bæði eru dæmi um nær enga ummyndun pyroxens og að allt pyroxen sé horfið. Fremur lítið er af pyroxendílum í berginu og virðast þeir ekki ummyndaðir.

Ummyndun plagíóklass er mest í plagíóklasdílum, sem annað hvort hafa ummyndast í leir eða zeólíta. Í grunnmassa bergsins er eingöngu um leirumyndun plagíóklass að ræða. Á stöku stað hafa plagíóklasdílur ummyndast í kalsít. Ummyndun títanomagnetíts hefur verið lítið athuguð. Þó er ljóst að á stöku stað hefur það ummyndast í ilminít og magnetít og fylgir það mikilli ummyndun á pyroxen.

### 3.6 Holufyllingarsteindir

Mesólít-skólesít er lang útbreiddasta holufyllingarsteindin á svæðinu jafnframt því sem hún finnst í mestu magni allra ummyndunarsteinda. Það má því ætla að bergið sem holurnar skera hafi lengst af verið í mesólít-skólesít ummyndunarbelti. Sú ummyndun er algengust við sjávarmál á Eyjafjarðarsvæðinu og er talið að hún hafi orðið er bergið sem nú er við yfirborð var á um 1500 m dýpi utan virkra jarðhitasvæða. Ummyndunarbelti zeólíta fylgja vaxandi hita. Kabasítbeltið myndast við lægstan hita, síðan analsímbeltið,

þá mesólít/skólesítbeldið og laumontítbeldið við hæstan hita.

Ekki var gert ummyndunarsnið fyrir holu 2. Hún er grynsta holan auk þess sem mjög lítið var af holufyllingum í ganginum, sem hún er boruð í. Þó voru nokkur holufyllingasýni úr holunni rannsökuð sem sýndu sömu ummyndun og í hinum holunum.

Ef lítið er nánar á ummyndunarsniðin í viðauka B sést að steindirnar tilheyra mörgum zeólítabeltum. T.d. finnast steindir úr kapasítbeldi, en að vísu mjög lítið af kapasíti. Auk kapasíts finnast tvær aðrar steindir úr þessu zeólítabelti, tomsonít og levín. Tomsonít finnst í talsverðum mæli og í nær öllum röntgengreiningum niður á 600 - 800 m dýpi. Analsím finnst í nokkrum sýnum, en í litlu magni. Það finnst ofan 400 m dýpis í holum 1 og 4 en neðan 800 m dýpis í holu 3.

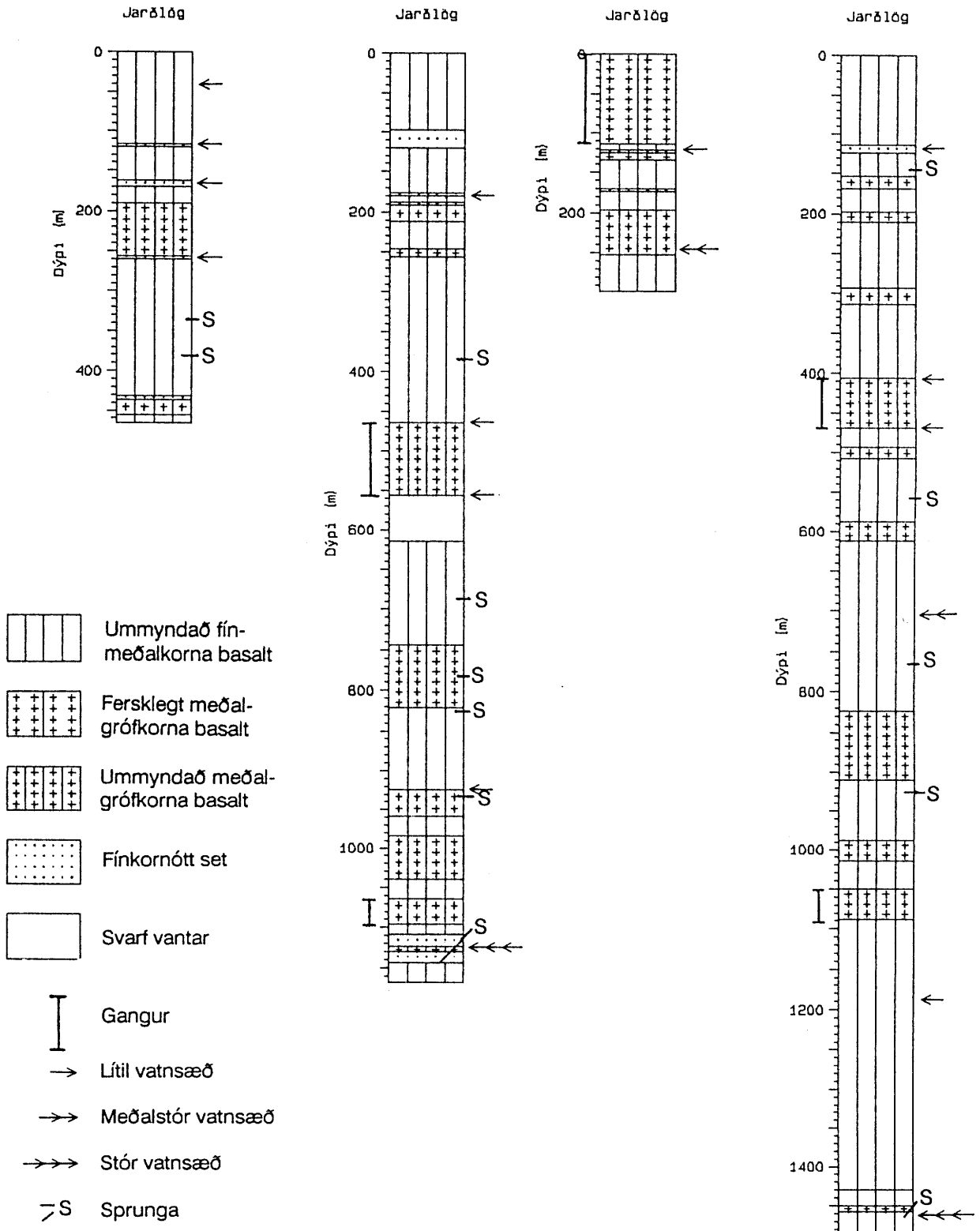
Líklegast er að tomsonítið og analsímið hafi myndast í núverandi jarðhitakerfi því myndunarhiti þessara steinda er í samræmi við áætlaðan berghita kerfisins (mynd 6). Þessi ummyndunin er á mörkum kapasít- og analsím zeólítabeltanna. Analsímið finnst á minna dýpi í holum 1 og 4 (frá 200 m) en í holu 3 (frá 800 m), sem gæti bent til þess að ofan 600 m sé uppstreymisrás jarðhitakerfisins nær holum 1 og 4 en holu 3.

Einnig finnast steindir sem myndast við hærri hita en steindir sem tilheyra mesólít/skólesít-beldinu. Það eru stilbít og heulandít, sem tilheyra stilbítumyndunarbeldinu og laumontít sem tilheyrir laumontítbeldinu. Hugsanlegt er að þessar steindir séu leifar almennrar ummyndunar frá því áður en aðalrof jarðlagastafans hófst, en það telst ólíkleg skýring. Líklegasta skýringin á tilvist þessara steinda er sú að jarðhitakerfið undir Laugarengi sé kólnandi og að það hafi upprunalega verið yfir 100°C. Þessi túlkun byggist m.a. á því að laumontítið finnst á mismiklu dýpi í holunum, á 300 m dýpi í holu 4 en ekki fyrr en á 800 m dýpi í holu 3. Þetta mætti auk þess túlka þannig að uppstreymi jarðhitakerfisins hafi verið nær holu 4 þegar jarðhitakerfið var yfir 100°C heitt.

Samkvæmt ummyndun bergsins virðist því sem jarðhitakerfið undir Laugarengi hafi upprunalega verið yfir 100°C heitt, en hafi síðan farið kólnandi. Einnig bendir ummyndunin til þess að neðan 200 - 300 m sé uppstreymi jarðhitavatnsins eftir sprungu sem hafi aðra stefnu en gangurinn sem holunum var ætlað að skera og fá vatn við. Líklega stefnir þessi sprunga frekar í suðvestur-norðaustur en norður-suður eins og gangurinn.

JHD JFR 6200 JT  
92.03.0091 T

Laugarengi, holur 1, 3, 2 og 4



Mynd 5. Einfölduð jarðlagasnið, berggangar, sprungur og vatnsæðar í holum 1-4.

## 4. BORHOLUMÆLINGAR

Allar borholumælingar sem gerðar hafa verið í holum 1 - 4 eru tilgreindar í töflu 2. Þetta eru alls 40 mælingar og er um helmingur þeirra hitamælingar. Aðrar mælingar sem gerðar hafa verið í holunum eru mælingar á vídd og halla þeirra ásamt jarðeðlisfræðilegum mælingum á jarðlögum við holurnar, svokallaðar jarðlagamælingar (viðnám, nifteindadreifing og gammageislun). Um helmingur mælinganna var gerður í tengslum við boranir holnanna, en nokkuð af mælingum, sem ekki höfðu verið gerðar áður, voru mældar sumrin 1990 og 1991. Hér á eftir verður fjallað nánar um þessar mælingar.

### 4.1 Hitamælingar

Farið hefur verið yfir allar hitamælingar úr holunum og vatnsæðar sem þær skera staðsettar, þær stærri með hliðsjón af borskýrslum. Niðurstöðurnar eru teknar saman í töflu 3, en þegar hefur verið fjallað um helstu æðarnar í kafla 3.4. Þá var reynt að áætla berghita jarðhitakerfisins út frá þeim hitamælingum sem ekki eru truflaðar af rennsli og er fjallað nánar um það í kafla 4.2. Allar hitamælingarnar eru birtar á myndum í viðauka C hér á eftir, en um hitamælingar úr einstökum holum má segja eftirfarandi:

Fyrsta hitamæling í *holu 1* var gerð 26. júlí 1973, en þá hafði holan staðið í 7 mánuði og hún væntanlega orðin full heit. Holan er þá 301,4 m djúp og athygli vekur kælipunktur við æðina á 160 m dýpi. Tvær hitamælingar eru til frá 25. september 1973, en þá er holan kæld af borun. Á þessum hitamælingum, sem mældar eru í 2 l/s rennsli, má glögglega sjá æðarnar í 160 m og 270 m. Þá er til ein hitamæling frá 13. október 1975, tæpum 2 árum eftir að borun holunnar lauk. Vatnsborð er þá á 1 m dýpi. Hiti mælist lægri en í fyrstu hitamælingunni. Annað hvort hefur holan kólnað á þessum rúmum 2 árum eða þá að hitamælirinn hefur verið ókvarðaður í fyrstu mælingunni.

Fyrsta hitamæling í *holu 2* fór fram 11. september 1974, en þá hafði holan staðið í 10 mánuði eftir borun. Rennsli úr holunni er þá 1,5 l/s. Næst er holan hitamæld 13. október 1975, en þá eru liðin 2 ár frá borun. Hitamælingin er áþekk þeirri fyrstu, en þó örlítið heitari. Síðasta hitamælingin úr *holu 2* er frá 20. júní 1990, en þá eru liðin 16 ár frá borlokum. Vatnsborð er þá á 18 m dýpi. Líklega er millirennsli í holunni þar sem vatn rennur úr 138 m æð niður í æð á 240 m dýpi. Ef þessi kafla er undanskilinn er gott að nota þessa hitamælingu til þess að áætla berghita næst holunni. Með samanburði á hitamælingum úr *holu 2* sést að þegar sjálfrennsli var úr holunni gaf æð í 240 m mest, en einnig kom eitt-hvað úr 138 m æðinni.

Sjö hitamælingar eru til úr *holu 3*, þar af þrjár frá því eftir borlok. Ef litið er á mælingu frá 13. september 1979, þar sem holan er mæld í u.þ.b. 13 l/s sjálfrennsli, sést að mest af vatninu kemur úr æðinni á 1110 m dýpi. Eitthvað kaldara vatn bætist við á 450 m dýpi og á bilinu frá 114 m í 160 m. Hitamæling frá 20. júní 1990, þar sem vatnsborð er í 30 m, sýnir að nú rennur nokkuð af kaldara vatni úr 114 og 160 m æðunum niður alla holuna. Þetta vatn skilar sér út í æðar á 450 og 945 m, en bróðurparturinn rennur niður í 1110 m æðina. Niðurrennslið hefur sennilega byrjað er dæling hófst úr *holu 4* árið 1983. Það hefur kælt holubotninn úr 67 - 68°C niður í 62°C.

Sex hitamælingar eru til úr *holu 4*, þar af tvær frá því eftir borlok. Þær eru mældar 11. og 12. júní 1991, eða um 8 árum eftir borlok. Þá hafði dælan verið tekin úr holunni. Dælingin, sem var um 20 l/s, var stöðvuð fyrir hádegi þann 11. júní og var fyrri hitamælingin

Tafla 2. Borholumælingar í holum á Laugarengi.

Hola	Svunta	Mæling	Dags.	Dýptarbil	Mælitæki	Mæl.menn
OB-01	4799	Híti	26.07.73	0-296	R24585 eldri	SH
	4796	Híti	25.09.73	0-471	Handrúlla	SH
	4797	Híti	25.09.73	0-280	Handrúlla	SH
	4798	Híti	13.10.75	0-435	R24585 eldri	SH
	8804	Híti	20.06.90	20-50	R47454	JH/GuH
OB-02	4801	Híti	11.09.74	0-300	Handrúlla	SH
	4800	Híti	13.10.75	0-298	R24585 eldri	SH
	8664	Halli	20.06.90	220-270	R47454	JH/GuH
	8806	Híti	20.06.90	18-298	R47454	JH/GuH
	8807	Holuvídd	20.06.90	0-299	R47454	JH/GuH
OB-03	4806	Híti	01.11.74	0-72	Handrúlla	SH
	4803	Híti	21.01.75	0-616	Handrúlla	BG
	4805	Híti	02.04.75	0-616	Handrúlla	BS
	4802	Híti	18.07.75	0-1024	Handrúlla	Bormenn
	4804	Híti	13.10.75	0-1148	R24585 eldri	SH
	314	Holuvídd	13.09.79	0-1120	R50402	HS/GuG
	315	Viðnám 16"	13.09.79	0-1120	R50402	HS/GuG
	317	Nifteindadr.	13.09.79	0-1120	R50402	HS/GuG
	316	Híti	13.09.79	0-1120	R50402	HS/GuG
	10710	Gamma geisl.	13.09.79	0-1120	R50402	HS/GuG
	10712	Viðnám 64"	13.09.79	0-1120	R50402	HS/GuG
	10713	Sjálfspenna	13.09.79	0-1120	R50402	HS/GuG
	8663	Halli	20.06.90	220-1050	R47454	JH/GuH
	8803	Híti	20.06.90	30-1124	R47454	JH/GuH
	OB-04	4807	Híti	27.07.82	0-470	Handrúlla
4808		Híti	27.07.82	0-460	Handrúlla	Bormenn
331		Híti	30.08.82	0-1189	R24585	GuG
332		Holuvídd	30.08.82	0-1175	R24585	GuG
4809		Híti	21.09.82	0-1340	Handrúlla	Bormenn
9918		Híti	11.06.91	0-1467	R47454	JH/GuH
9919		XY-vídd	11.06.91	0-1467	R47454	JH/GuH
9920		XY-vídd	11.06.91	0-1467	R47454	JH/GuH
9921		Viðnám 16"	12.06.91	0-1467	R47454	JH/GuH
9922		Viðnám 64"	12.06.91	0-1467	R47454	JH/GuH
9923		Nifteindadr.	12.06.91	0-1467	R47454	JH/GuH
9924		Gamma geisl.	12.06.91	0-1467	R47454	JH/GuH
9925		Híti	12.06.91	0-1467	R47454	JH/GuH
9927		Halli	12.06.91	200-1380	R47454	JH/GuH
10143		Viðnám 16"	12.06.91	0-1467	R47454	JH/GuH
10144		Viðnám 64"	12.06.91	0-1467	R47454	JH/GuH

mæld um 6 tímum síðar, en sú seinni 32 tímum síðar. Með því að bera saman þessar hita-  
mælingar sést hvernig holan kólnar eftir að dæling úr henni hættir. Einnig má átta sig á  
rennsli í holunni. Eftir að dælingu er hætt byrjar að renna úr æðunum á 695 og 1220 m  
niður í botnæðina á 1470 m. Þá sjást nokkrar minni æðar í 400, 465 og 525 m.

Tafla 3. Vatnsæðar í holum á Laugarengi.

Hola	Dýpi (m)	Í borun	Sést í hitamæl.	Jarðlög	Hiti (°C)
OB-01	40	Rennsli byrjar		Lagmót	( )
OB-01	62	Rennsli eykst		Millilag	( )
OB-01	105	Rennsli eykst		Lagmót	( )
OB-01	160	Rennsli eykst	Já	Pykkt setlag	44
OB-01	270		Já	Basaltlag	46
OB-02	138		Já	Basaltgangur	45
OB-02	240	Rennsli eykst	Já	Millilag	51
OB-03	74-105	Rennsli byrjar		Basaltset	( )
OB-03	114		Já	Pykkt setlag	43
OB-03	160		Já	Basaltlag	44
OB-03	180		Já, lítil æð	Millilag	( )
OB-03	450		Já, lítil æð	Basaltlag	58
OB-03	945		Já, lítil æð	Millilag	66
OB-03	1110	Stór æð, rennsli 20 l/s	Já	Sprungu	67
OB-04	72	Fóðruð af		Basaltlag	38
OB-04	400		Já	Basaltlag	( )
OB-04	465		Já	Millilag	( )
OB-04	525		Já	Millilag	( )
OB-04	695	Stór æð, e-ð rennsli	Já	Millilag	62
OB-04	1220		Já	Basaltlag	(65)
OB-04	1470	Stór æð, algjört skoltap	Já	Sprungu	70

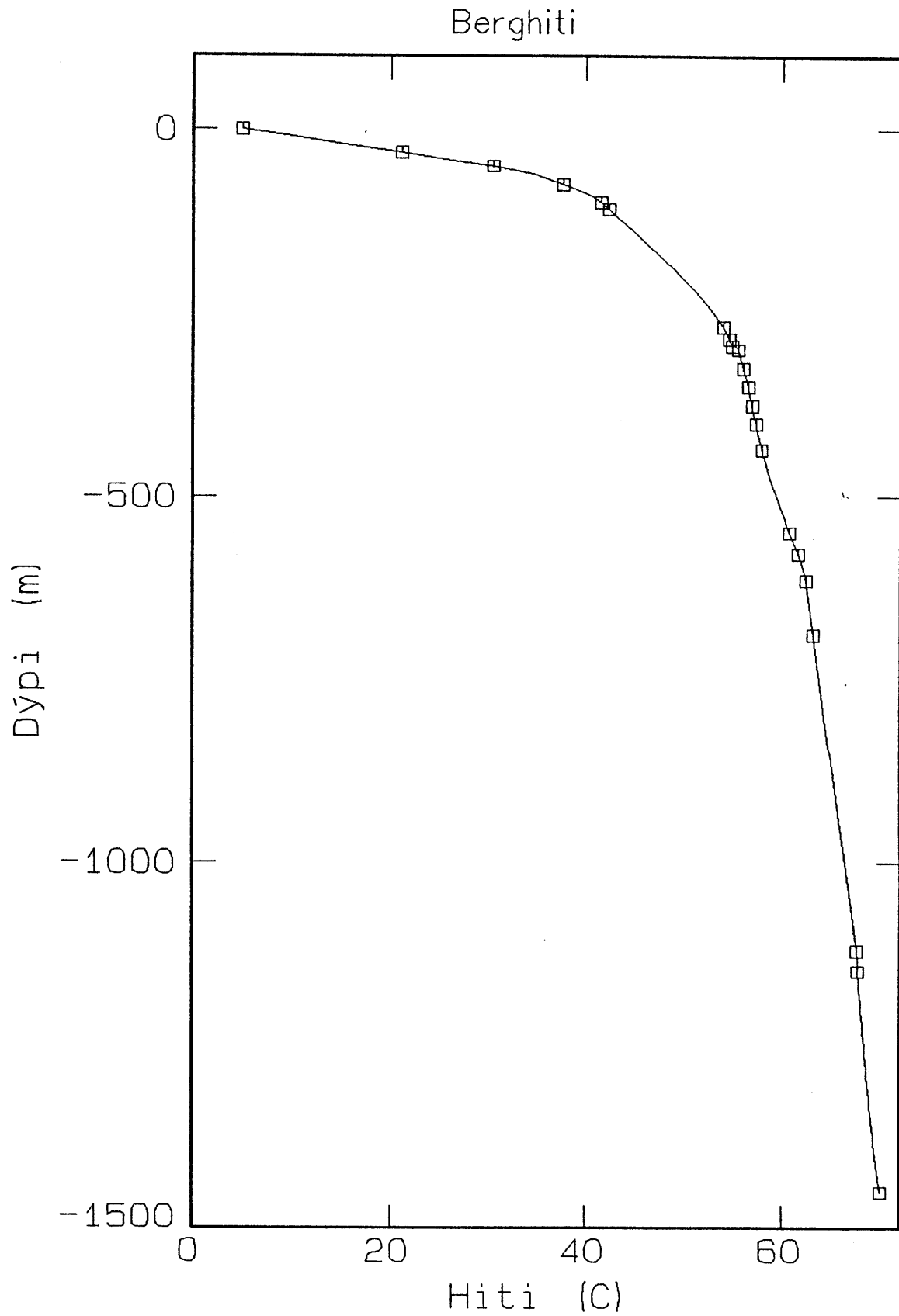
#### 4.2 Berghiti

Til þess að áætla berghita í jarðhitakerfinu, þ.e. hitaástand þess ótruflað af borholum, var byggt á þeim hitamælingum, sem ekki virtust truflaðar af rennsli. Úr holu 1 var stuðst við hitamælingu frá 13. október 1975, en þá var vatnsborð á 1 m dýpi. Áætla má að hiti neðan 300 m í holunni sé nærri berghita og eru hitagildin sem stuðst er við birt í töflu 4. Úr holu 2 var stuðst við hitamælingu frá 20. júní 1990, en þá var vatnsborð í 18 m. Notuð voru þau hitagildi úr þessari mælingu, sem birt eru í töflu 4. Rennsli er á milli 138 og 240 m.

Úr holu 3 var stuðst við hitamælingu frá 2. apríl 1975, en þá var holan um 614 m djúp og hlé á borun. Notuð eru hitagildi neðan 500 m því neðsta æð var þá á 450 m dýpi. Einnig var stuðst við hitamælingu frá 13. október 1975 er holan var í sjálfrennsli. Notuð voru hitagildi fyrir neðan neðstu æð (tafla 4). Úr holu 4 var ekki hægt að nota neina hitamælingu beint, því allar mælingarnar eru truflaðar af borun eða rennsli. Þó má áætla að hiti á 689,5 m dýpi sé 63,1°C og á 1400 m nálægt 70°C.

Hitagildin í töflu 4 voru notuð og mjúkur ferill, sem áætla má að liggja nálægt berghita, brúaður gegnum punktana með tölvuforriti. Berghitaferillinn er sýndur á mynd 6 ásamt þeim hitagildum sem notuð voru.





Mynd 6. Áætlaður berghiti í jarðhitakerfinu undir Laugarengi.  
Mæld hitagildi sýnd með femingum.

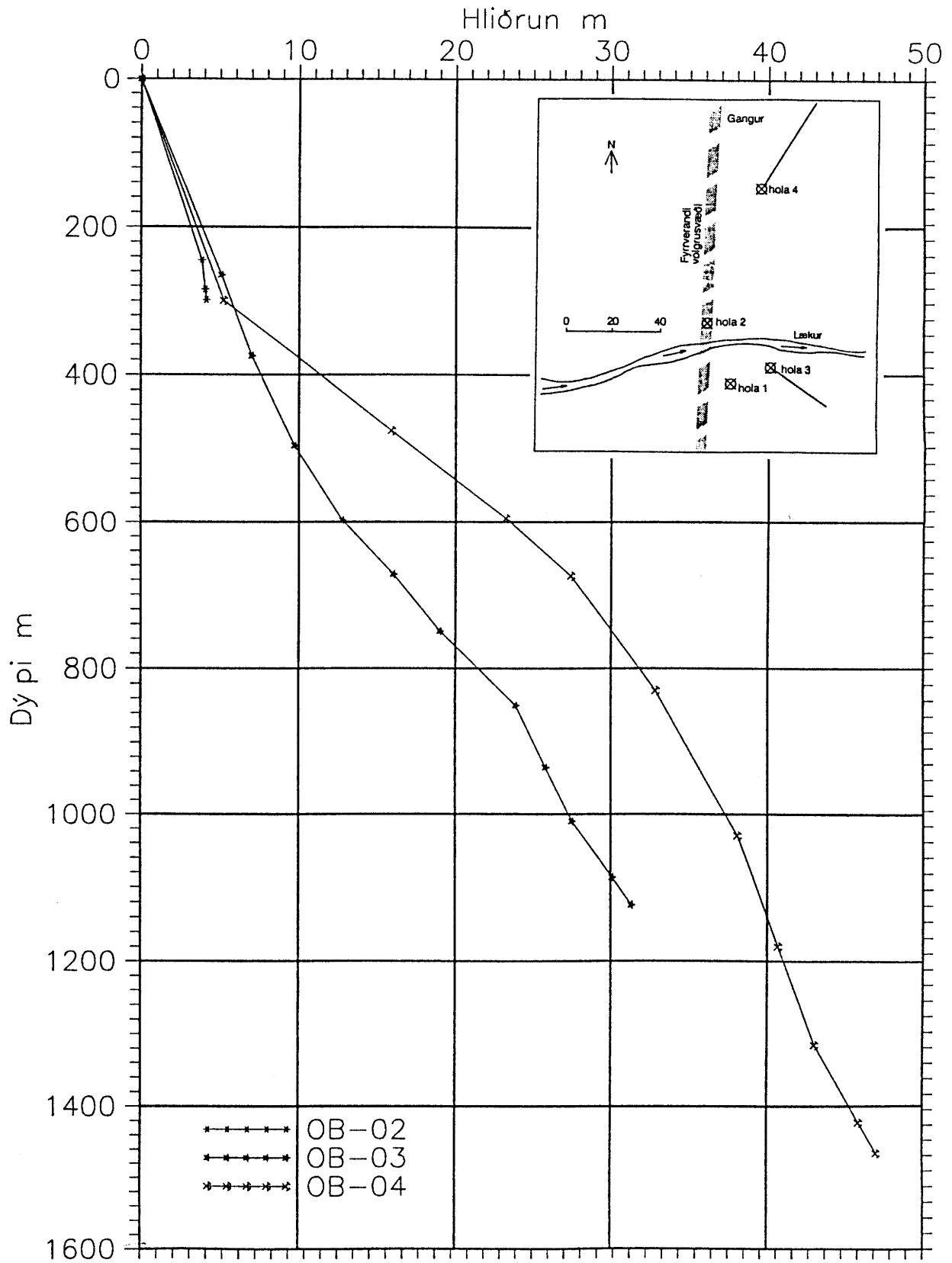
Tafla 4. Hitagildi notuð við ákvörðun berghita.

Dýpi	Hiti (°C)	Hola
31,5	21,2	OB-02
49,5	30,5	OB-02
74	37,6	OB-02
98,5	41,5	OB-02
108	42,3	OB-02
270	53,9	OB-02
285	54,5	OB-02
295	54,8	OB-02
300	54,0	OB-01
325	55,9	OB-01
350	56,4	OB-01
375	56,8	OB-01
400	57,2	OB-01
435	57,8	OB-01
550	60,7	OB-03
580	61,6	OB-03
616	62,4	OB-03
689,5	63,1	OB-04
1120	67,6	OB-03
1148	67,7	OB-03
1450	70	OB-04

### 4.3 Hallamælingar

Holur 2 og 3 voru hallamældar þann 20. júní 1990 og hola 4 þann 12. júní 1991. Hallinn var mældur með tæki sem slakað er niður á fyrirfram ákveðið dýpi og getur tækið þannig mælt halla og stefnu holu í nokkrum punktum. Stefnan er lesin af seguláttavita sem er í tækinu. Stefnan stjórnast af stefnu segulsviðs í berginu við mælistaðinn. Niðurstöður hallamælinganna eru birtar í töflu 5.

Út frá hallanum má reikna út hliðrun frá lóðlínu og er hún birt á mynd 7 fyrir holurnar þrjár. Þar kemur fram að holur 3 og 4 eru um 27 - 28 m frá lóðlínu á 1000 m dýpi. Holu 2 hallar mun minna og er hliðrun hennar aðeins um 4 m á 300 m dýpi. Ef stefnan er skoðuð kemur í ljós að hún er nokkuð á reiki. Stefna holu 3 er yfirleitt á bilinu 120 - 190° réttvísandi, en í 440 m er hún aðeins 60° og í mælipunktum á 900 og 970 m er hún um 90°. Þessi frávik gætu stafað af því að nærri þessum mælistöðum fer hola í gegnum bergganga, en í þeim hefur segulsviðið oft aðra stefnu en í grannberginu. Það sama má segja um mælingamar í holu 4. Stefna hennar er yfirleitt á bilinu 20 - 40° og aðeins í 710 m vîkur stefnan verulega frá því í 98°. Engin skýring er á þessu frávikum því hola fer ekki gegnum berggang nálægt þessu dýpi.



Mynd 7. Niðurstöður hallamælinga í holum 2, 3 og 4.

Inn á mynd 7 er fellt kort af borholusvæðinu á Laugarengi og sýnt í hvaða átt holur 3 og 4 leita. Hóla 3 virðist leita til SA en hóla 4 til NA.

Tafla 5. Hallamælingar holna á Laugarengi.

Hóla	Dýpi (m)	Halli (°)	Stefna (° réttv.)
OB-02	220	0,9	160
OB-02	270	0,3	180
OB-03	220	1,1	150
OB-03	310	1,0	190
OB-03	440	1,3	60
OB-03	550	1,7	130
OB-03	645	2,5	160
OB-03	700	2,2	140
OB-03	800	2,8	123
OB-03	900	1,3	85
OB-03	970	1,3	90
OB-03	1050	1,9	128
OB-04	200	1,0	
OB-04	400	3,5	32
OB-04	550	3,5	27
OB-04	640	3,0	27
OB-04	710	2,0	98
OB-04	950	1,5	5
OB-04	1110	1,0	20
OB-04	1250	1,0	20
OB-04	1380	1,5	40

#### 4.4 Jarðlagamælingar

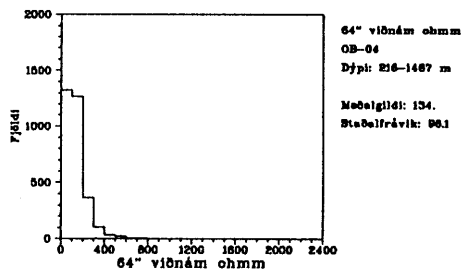
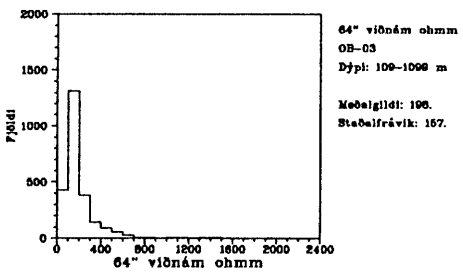
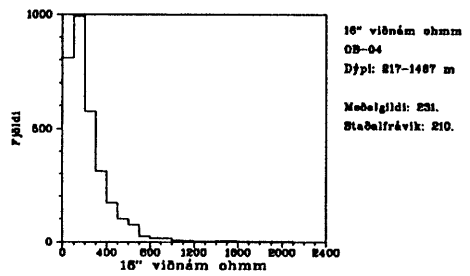
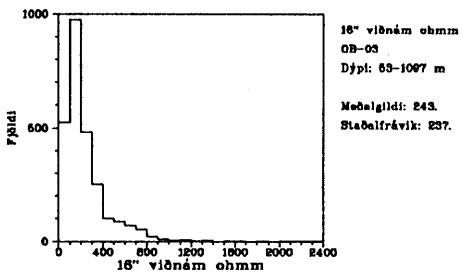
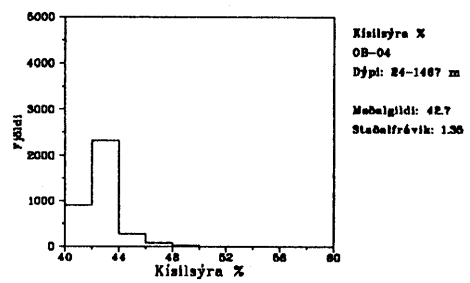
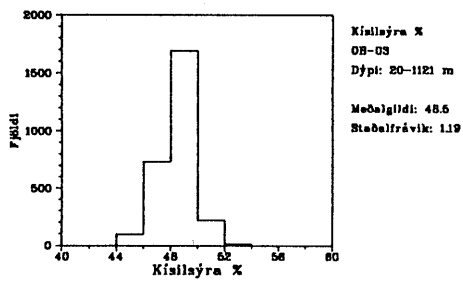
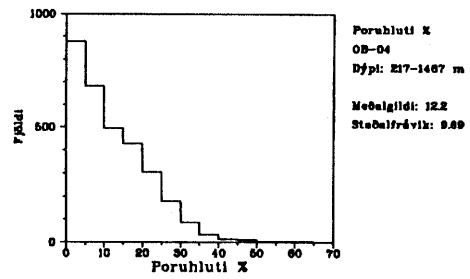
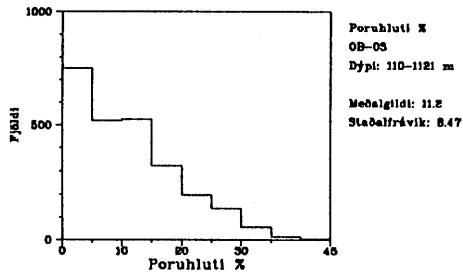
Auk ofangreindra mælinga voru gerðar jarðlagamælingar í holum 3 og 4, en það eru mælingar á nifteindadreifingu, náttúrulegri gammageislun og viðnámi jarðlaga með 16" og 64" skautabili. Þessar mælingar voru síðan umreiknaðar þannig að poruhluti bergsins var áætlaður útfrá nifteindamælingunni (Valgarður Stefánsson, 1979) en kísilsýruinnihald þess útfrá gammamælingunni (Valgarður Stefánsson og fl., 1982). Poruhluti, kísilsýruinnihald og viðnám er sýnt ásamt jarðlagasniðum í viðauka A, en einnig voru mæliferlarnir síaðir og sýndir ásamt einfölduðum jarðlagasniðum, göngum, sprungum, æðum og borhraða á myndum 31- 5.

Tíðnidreifingar umreiknaðra mæligilda eru sýndar á mynd 8. Þar sést að dreifing poruhluta er nokkuð svipuð í holum 3 og 4. Hann er á bilinu 0 til 40%, en að stærstum hluta er hann minni en 15 - 20%. Meðalporuhluti reiknast 11% fyrir hól 3 en 12% fyrir hól 4. Meiri munur er á reiknaðri kísilsýru milli holna. Fyrir hól 3 eru gildin á milli 45 og 52%,

en meðalgildið er 48%. Fyrir holu 4 eru gildin á milli 40 og 48%, en meðalgildið er 42%. Hér er væntanlega ekki um raunverulegan mun að ræða, frekar skekkju í annarri hvorri mælingunni.

Tíðnidreifingar 16" viðnáms eru nokkuð svipaðar fyrir báðar holurnar. Gildin liggja á milli 0 og 800 ohmm, en meðaltalið er 243 ohmm fyrir holu 3 og 231 ohmm fyrir holu 4. Í báðum holunum mælist viðnámið oftast á milli 100 og 200 ohmm eins og sést á toppunum í tíðnidreifingunum (mynd 8). Dreifingar 64" viðnáms er einnig nokkuð svipaðar í holunum tveimur. Gildin eru nokkru lægri en í 16" mælingunum og eru meðaltölin 198 ohmm fyrir holu 3 og 134 ohmm fyrir holu 4. Í báðum holunum mælist 64" viðnámið oftast á milli 0 og 200 ohmm eins og sést á mynd 8.

Auk jarðlagamælinganna var vídd holnanna mæld og eru niðurstöðurnar birtar í viðauka A. Í holu 3 er lítið um skápa, aðeins einn nokkuð stór á 400 m dýpi. Í holu 4 eru fleiri skápar og er sá stærsti á 880 m dýpi. Kom fyrir að mælar stöðvuðust í honum. Einnig eru nokkrir skápar neðan 1300 m í holu 4.



Mynd 8. Tíðnidreifingar reiknaðs poruhluta, kísilsýru og viðnáms í holum 3 og 4.

## 5. NIÐURSTÖÐUR OG LOKAORÐ

Fjallað hefur verið um greiningu jarðlaga í holum 1 - 4 á Laugarengi í Ólafsfirði og úrvinnslu borholumælinga, sem gerðar hafa verið í holunum. Þessi úrvinnsla hefur nú fyrst farið fram, um tveimur áratugum eftir borun holu 1 og einum áratug eftir borun holu 4. Helstu niðurstöður úrvinnslunnar eru eftirfarandi:

- Jarðlagastaflinn undir Laugarengi er mjög einsleitur og er að mestu gerður úr basalt-hraunlögum, sem teljast á mörkum ólívínþóleifts og þóleifts. Á milli hraunlaganna eru misþykk setlög, en lóðrétt gegnum staflann ganga berggangar, úr sama bergi og hraunlögin, og sprungur. Ekki sjást merki um meiriháttar misgengi milli holnanna.
- Öllum holunum var ætlað að fá vatn í eða við berggang, sem laugarnar á svæðinu tengdust. Holur 3 og 4 skera hann á milli 400 og 550 m dýpis, en vatnsæðar við hann eru óverulegar. Báðar holurnar fara í gegnum annan gang á milli 1050 og 1100 m dýpis, en engar vatnsæðar eru við hann. Eina verulega æðin í holu 3 er í sprungu á 1110 m dýpi, sem ekki finnst í holu 4, og er líklegt að hún hafi aðra stefnu en gangarnir. Góð æð er í millilagi á 695 m dýpi í holu 4, en besta æðin í holunum er á 1470 m dýpi í holu 4, sennilega í sprungu. Stefna þeirrar sprungu er óviss. Því er ljóst að þær hugmyndir, sem voru grundvöllur borana á Laugarengi á árunum 1972 - 1983, eru ekki réttar.
- Ummyndun bergs í jarðhitakerfinu undir Laugarengi bendir til þess að það hafi upp-runalega verið yfir 100°C heitt. Einnig bendir ummyndunin til þess að uppstreymisrás jarðhitans sé nær holum 1 og 4 en holu 3 og hafi því aðra stefnu en berggangarnir á svæðinu.
- Hitamælingar í holum 1 - 4 benda til þess að hiti í jarðhitakerfinu sé um 54°C á 300 m dýpi, 63°C á 700 m, 67,5°C á 1100 m og nálægt 70°C á 1500 m dýpi. Þegar ekki er dælt úr holu 3, en dælt úr holu 4, rennur kaldara vatn úr æðum milli 114 og 160 m niður alla holu 3 og út í jarðhitakerfið. Þegar ekki er dælt úr holu 4, en dælt úr holu 3, rennur vatn úr æðum á 695 og 1220 m dýpi niður í aðalæð holu 4 á 1470 m dýpi.
- Holu 3 hallar á bilinu 1,0 - 2,8° og er mesta frávik hennar frá lóðlínu um 31 m til suðausturs. Holu 4 hallar á bilinu 1,0 - 3,5° og er mesta frávik hennar frá lóðlínu um 47 m til norðausturs.
- Niðurstöður jarðlagamælinga í holum 3 og 4 eru í samræmi við þá niðurstöðu svarf-greiningar að jarðlagastaflinn sé einsleitur. Poruhluti bergsins reiknast aðallega á bilinu 0 - 25 %, en meðalporuhluti um 12 %. Eðlisviðnám bergsins mælist að miklu leyti minna en 400 ohmm.

Í framhaldi af þessum rannsóknum gerir samningur Orkustofnunar og Hitaveitu Ólafsfjarðar ráð fyrir kortlagningu sprungna og misgengja í nágrenni jarðhitans á Laugarengi og í Ósbrekkufjalli ásamt frekari jarðfræðikortlagningu á svæðinu. Sú kortlagning gefur hugsanlega upplýsingar um stefnur þeirra sprungna sem æðarnar í holum 3 og 4 tengjast.

Að loknum rannsóknunum á jarðhitakerfinu undir Laugarengi væri rétt að hefja úttekt á hinu vinnslusvæði Hitaveitu Ólafsfjarðar, jarðhitasvæðinu á Skeggjabrekkudal, en svo til engar rannsóknir hafa farið fram á því svæði síðan á sjöunda áratugnum.

## HEIMILDIR

- Guðni Axelsson, 1991: *Jarðhitasvæðið á Laugarengi í Ólafsfirði. Prófun og vatnsborðs-spár*. Orkustofnun, OS-91012/JHD-03, 38 s. Unnið fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar.
- Jarðboranir Ríkisins, 1972: Borskýrslur Ýmis.
- Jarðboranir Ríkisins, 1973: Borskýrslur Ýmis.
- Jarðboranir Ríkisins, 1974: Borskýrslur Ýmis.
- Jarðboranir Ríkisins, 1975a: Borskýrslur Ýmis.
- Jarðboranir Ríkisins, 1975b: Borskýrslur Glaums.
- Jarðboranir Ríkisins, 1982: Borskýrslur Narfa.
- Jarðboranir Ríkisins, 1983: Borskýrslur Narfa.
- Kristján Sæmundsson, 1981: *Varðar borun fyrir Hitaveitu Ólafsfjarðar*. Orkustofnun, greinargerð KS-81/06, 2 s.
- Ragna Karlsdóttir og Jóhann Helgason, 1978: *Jarðhitakönnun í Ólafsfirði*. Orkustofnun, OS-JHD-7803, 48 s.
- Valgarður Stefánsson, 1979: *Geophysical Logging in the IRDP-hole in Reyðarfjörður, Iceland. Field Data and Preliminary Report*. Orkustofnun, OS-79003/JHD-02, 17 s.
- Valgarður Stefánsson, Ásgrímur Guðmundsson og Rolf Emmerman, 1982: Gamma ray logging in Icelandic rocks. *The Log Analyst*, 23, (4), 11-16.



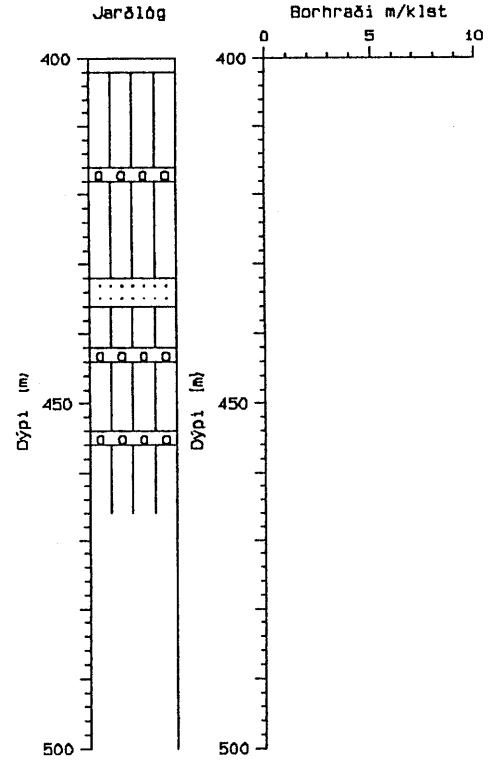
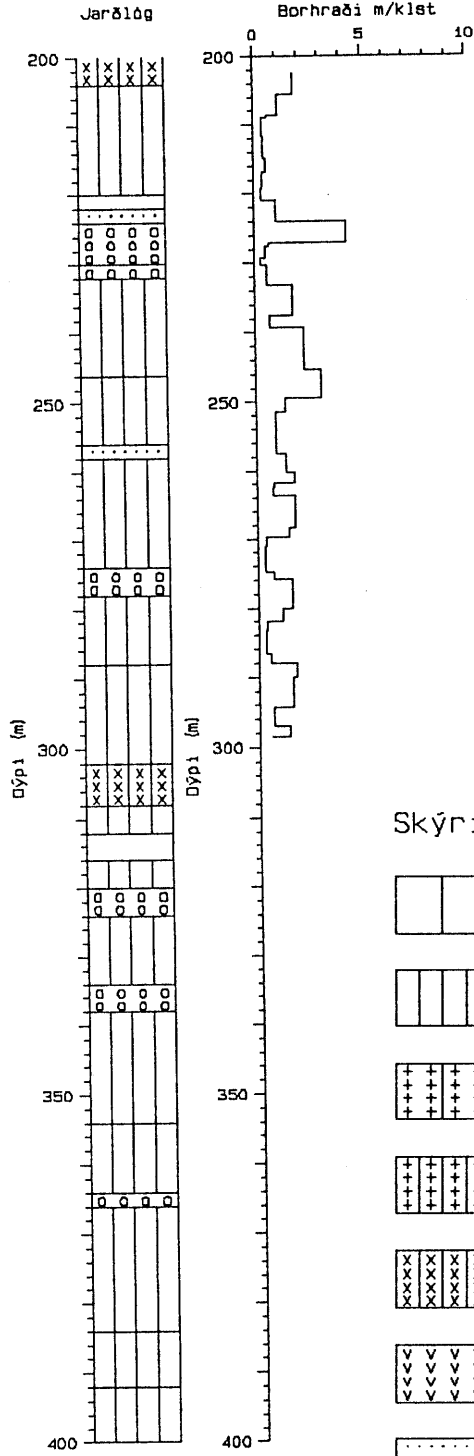
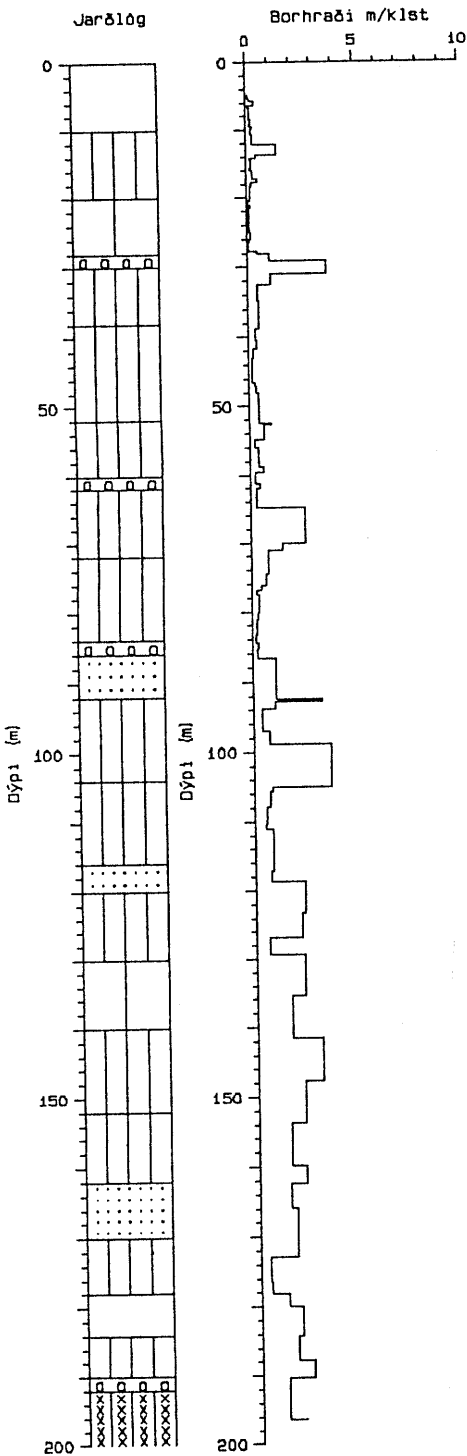


## **VIÐAUKI A**

Jarðlagasnið í holum 1 og 2  
og jarðlagasnið og borholumælingar  
í holum 3 og 4



Laugarengi  
HOLA OB-01



Skýringar við jarðlagasnið

Fersklegt fin-meðalkorna basalt

Ummyndað fin-meðalkorna basalt

Fersklegt meðal-grófkorna basalt

Ummyndað meðal-grófkorna basalt

Ummyndað glerjað basalt

Túff

Fínkornótt set

Grófkornótt set

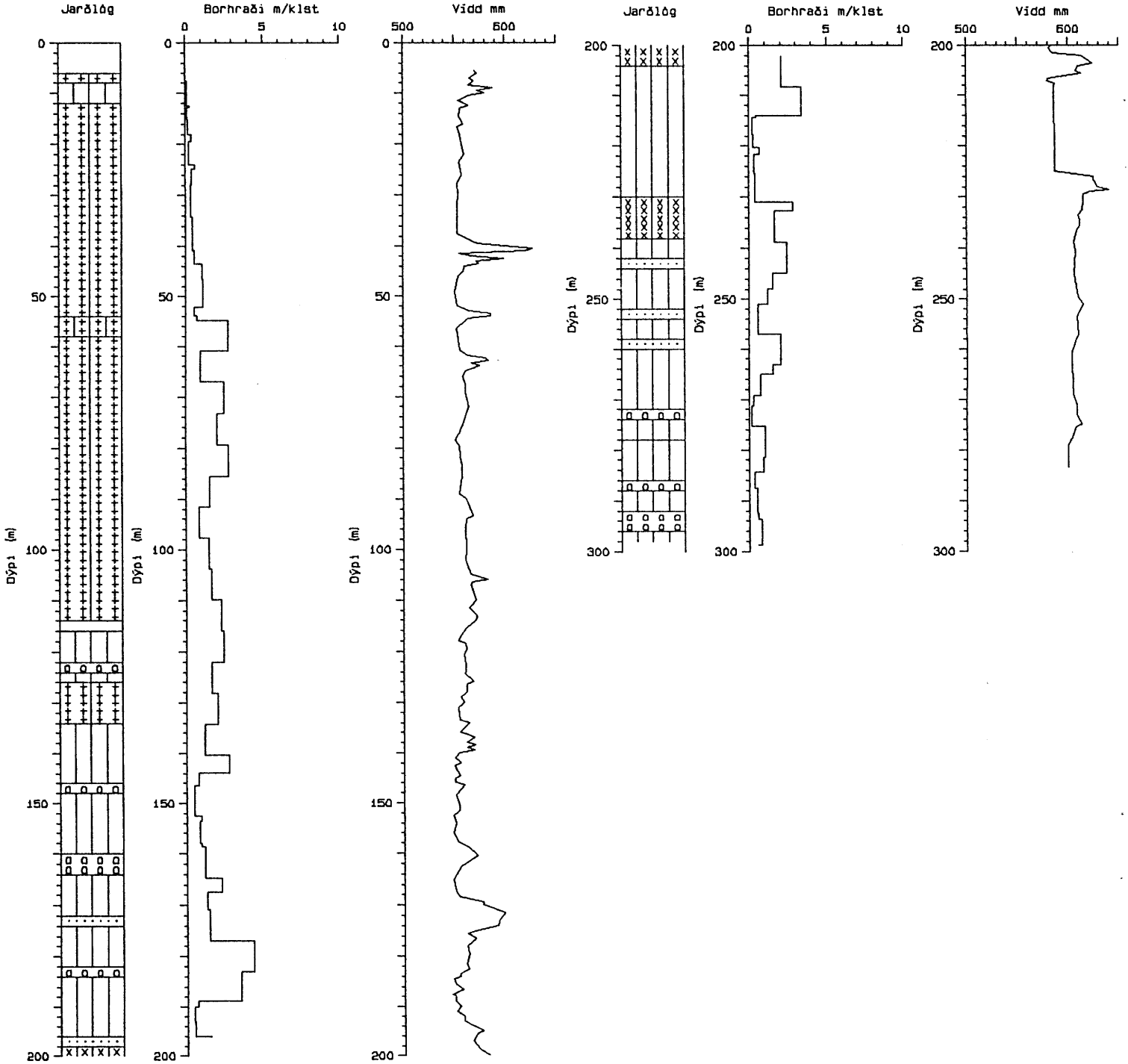
Svarf vantar

← : Lítil vatnsæð

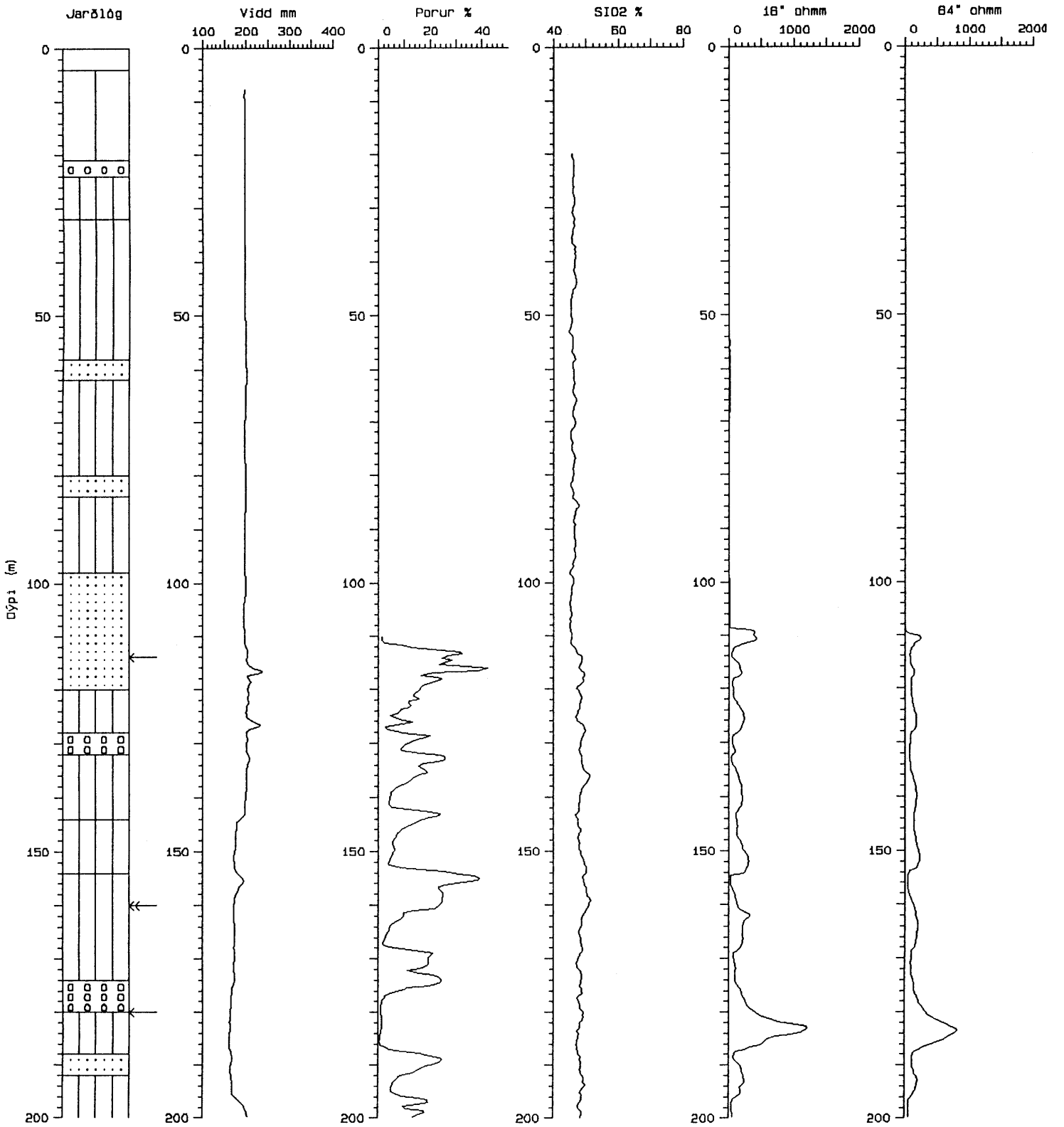
⇐ : Meðal vatnsæð

⇐⇐ : Stór vatnsæð

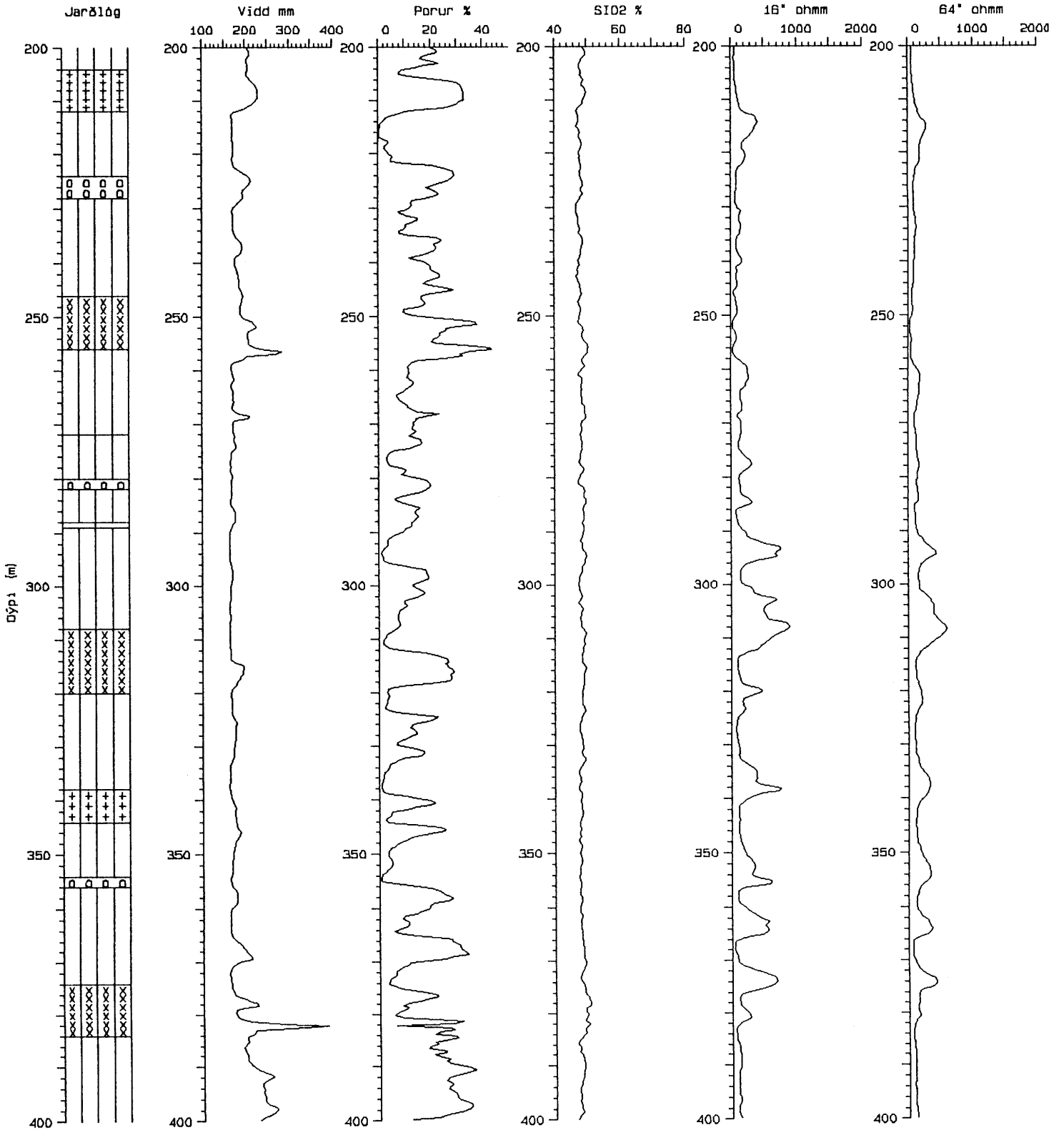
Laugarengi  
Hóla OB-02



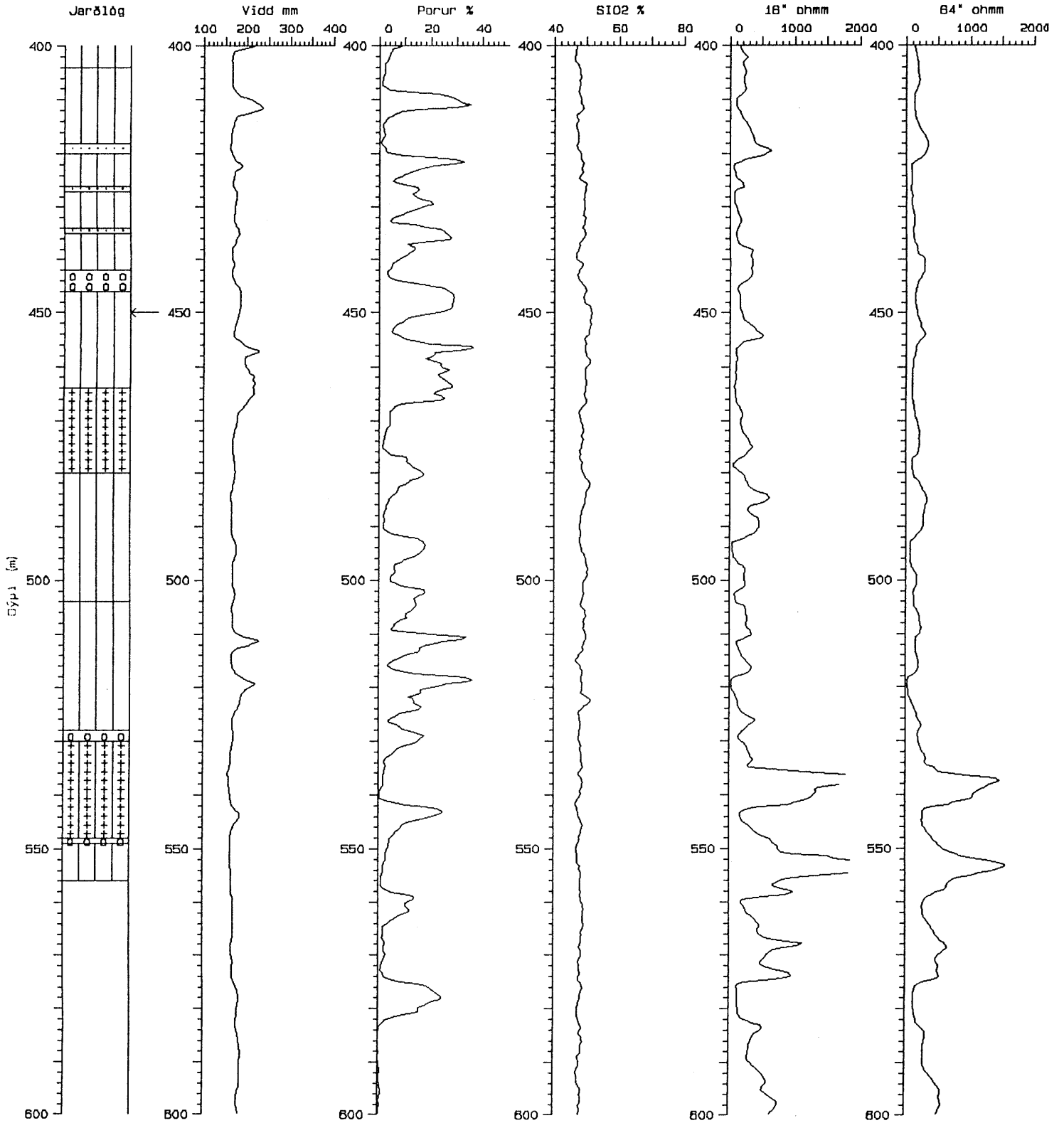
# Laugarengi Hóla OB-03



Laugarengi  
Hóla OB-03

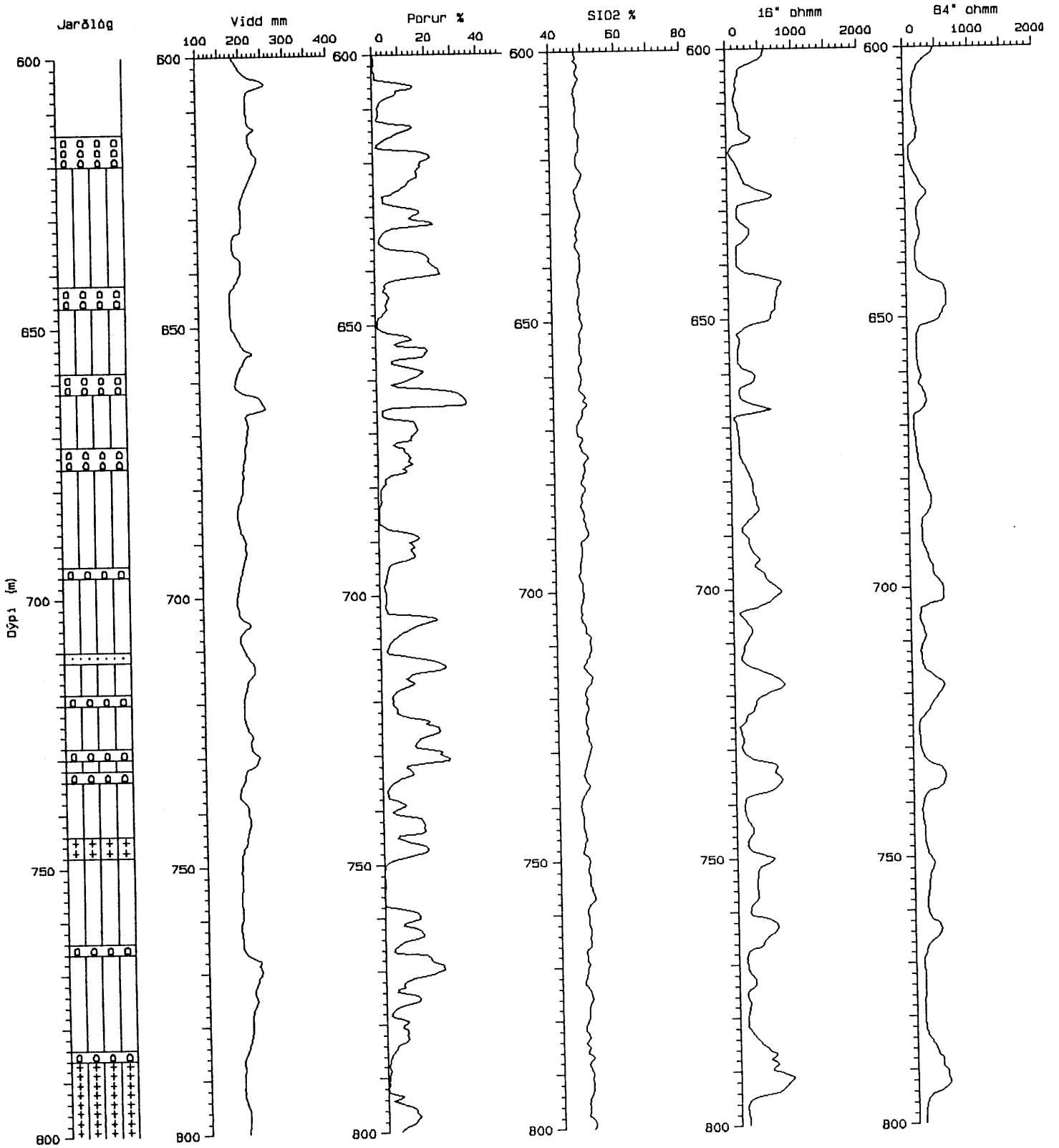


Laugarengi  
HOLA OB-03

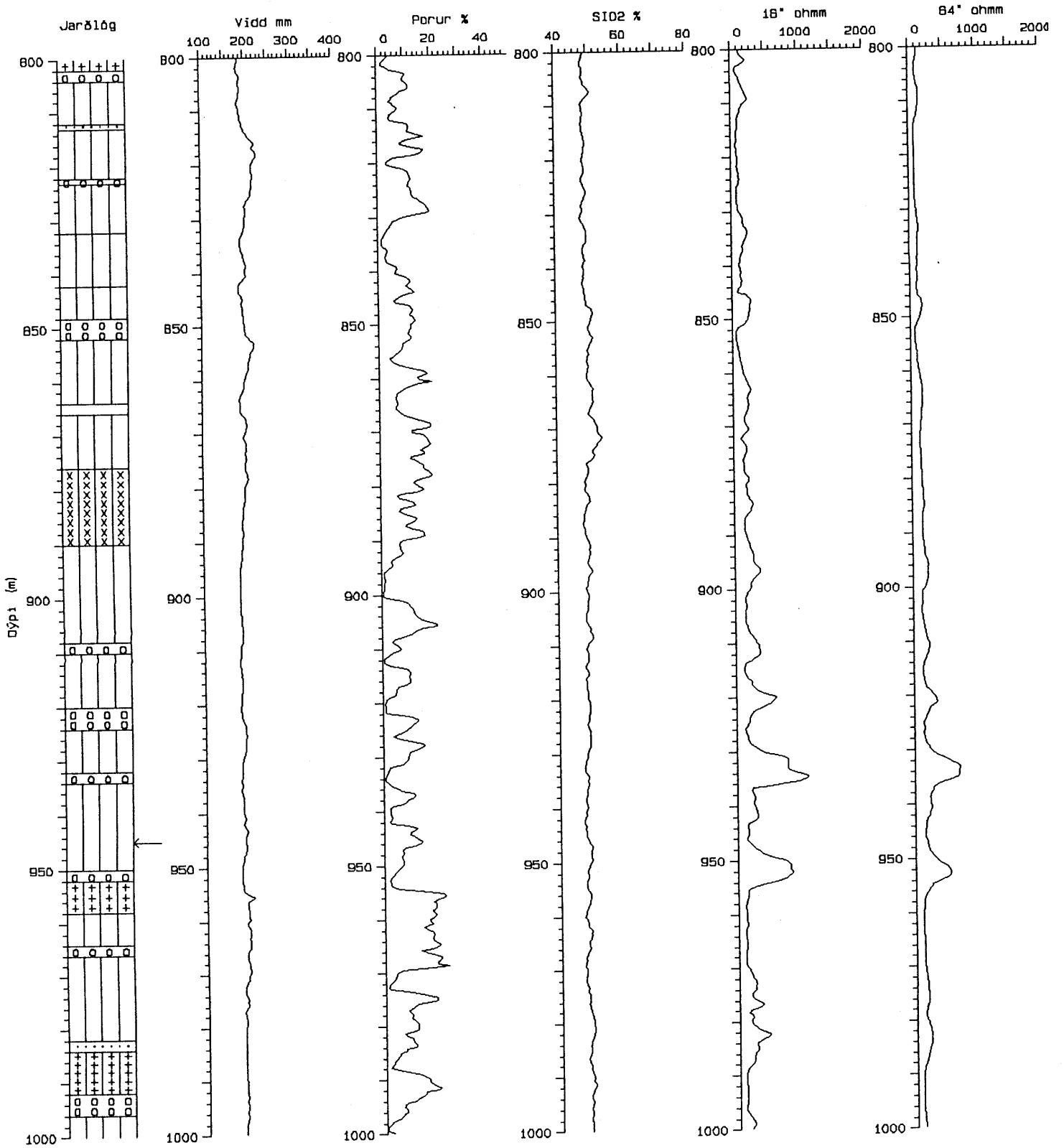




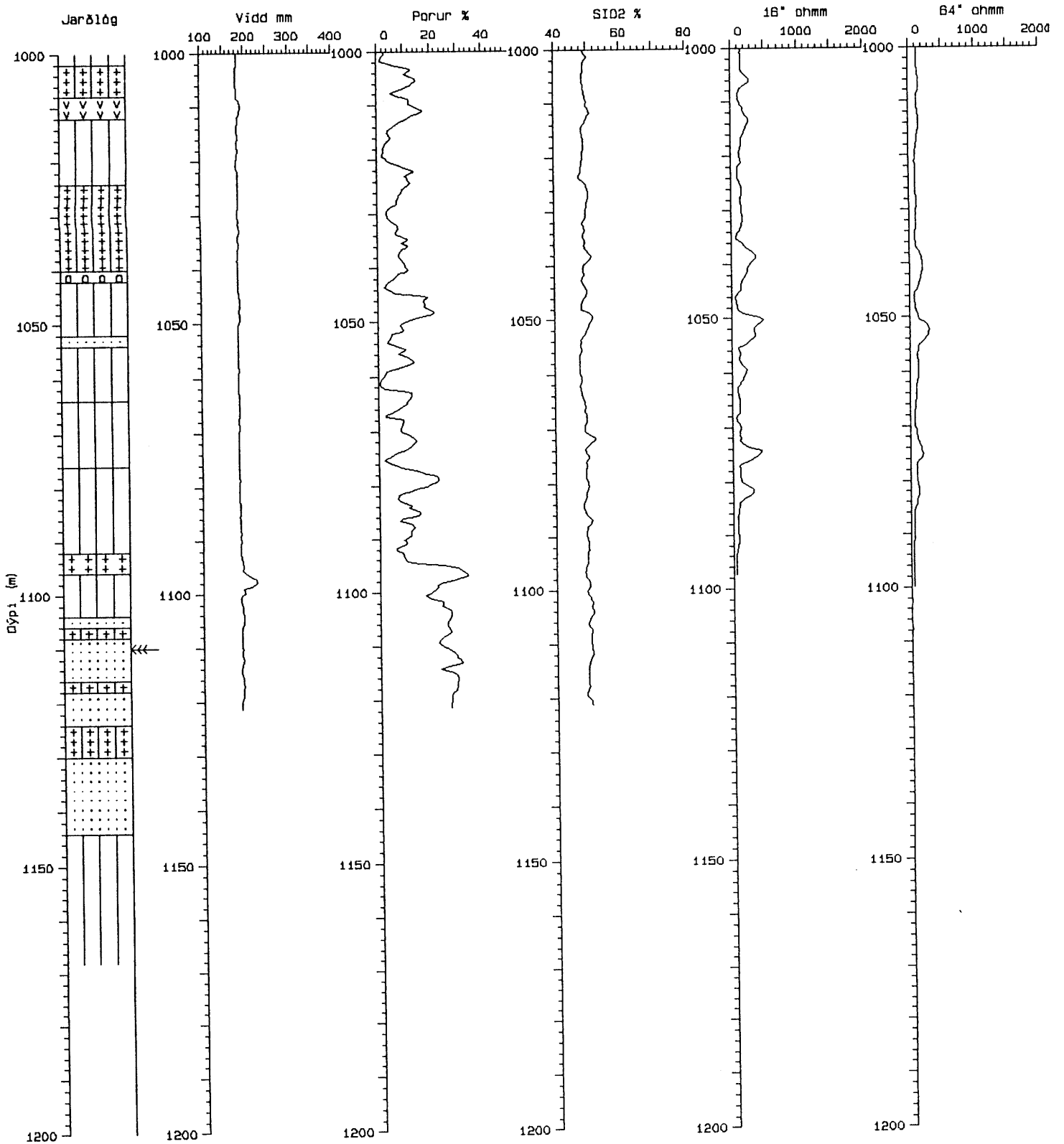
Laugarengi  
Hóla OB-03



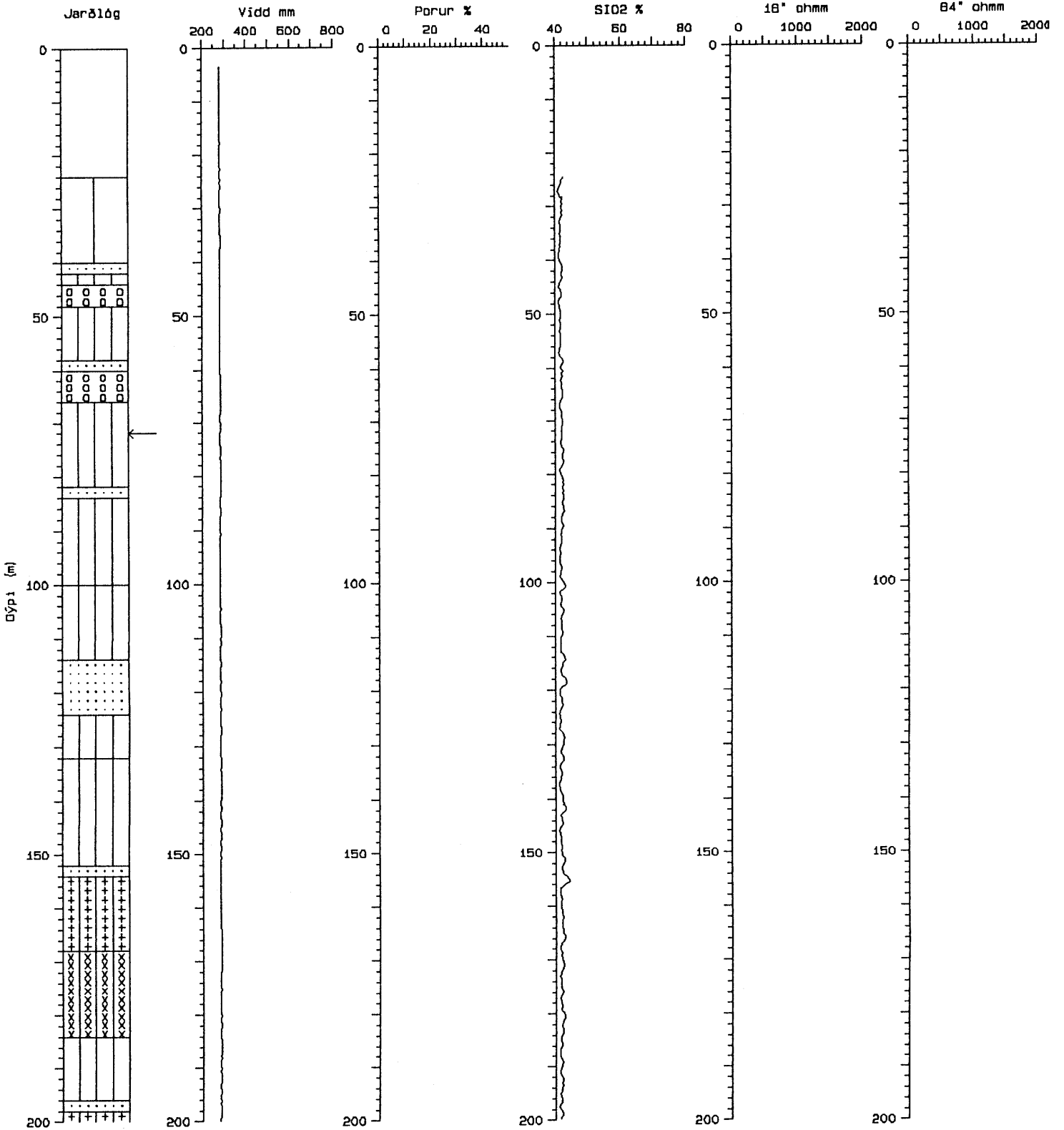
Laugarengi  
Hóla OB-03



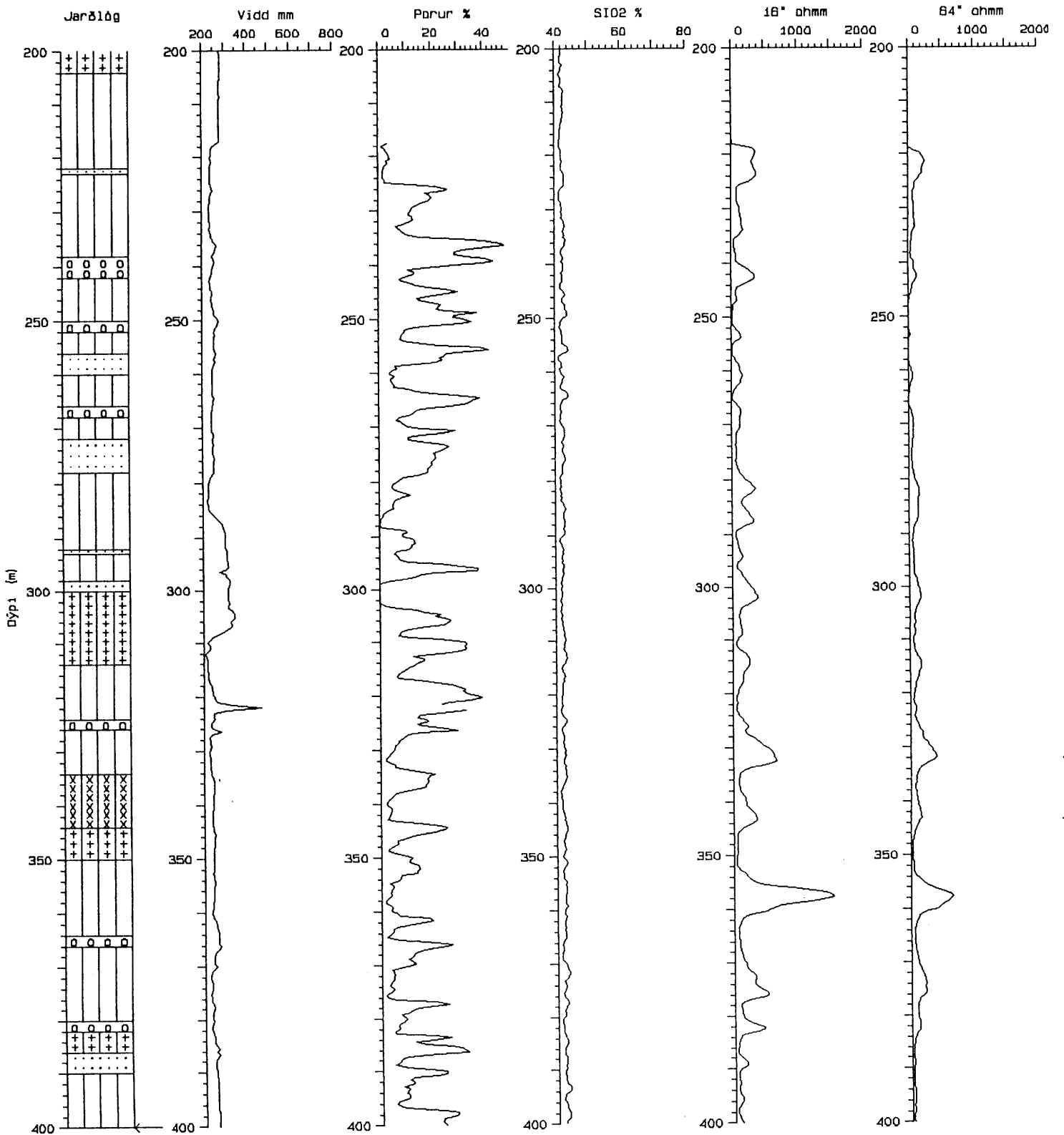
# Laugarengi HOLA OB-03



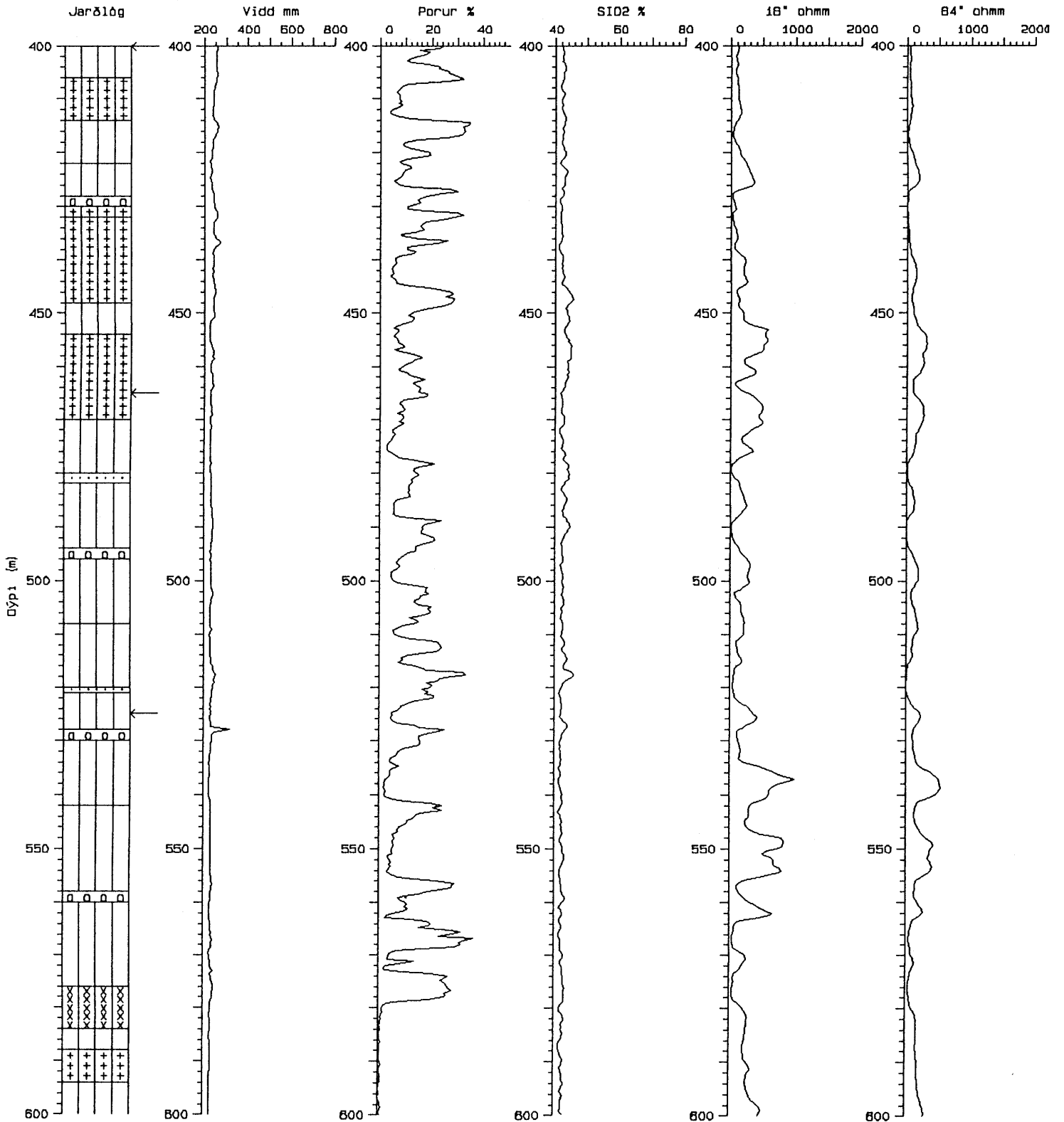
Laugarengi  
HOLA OB-04



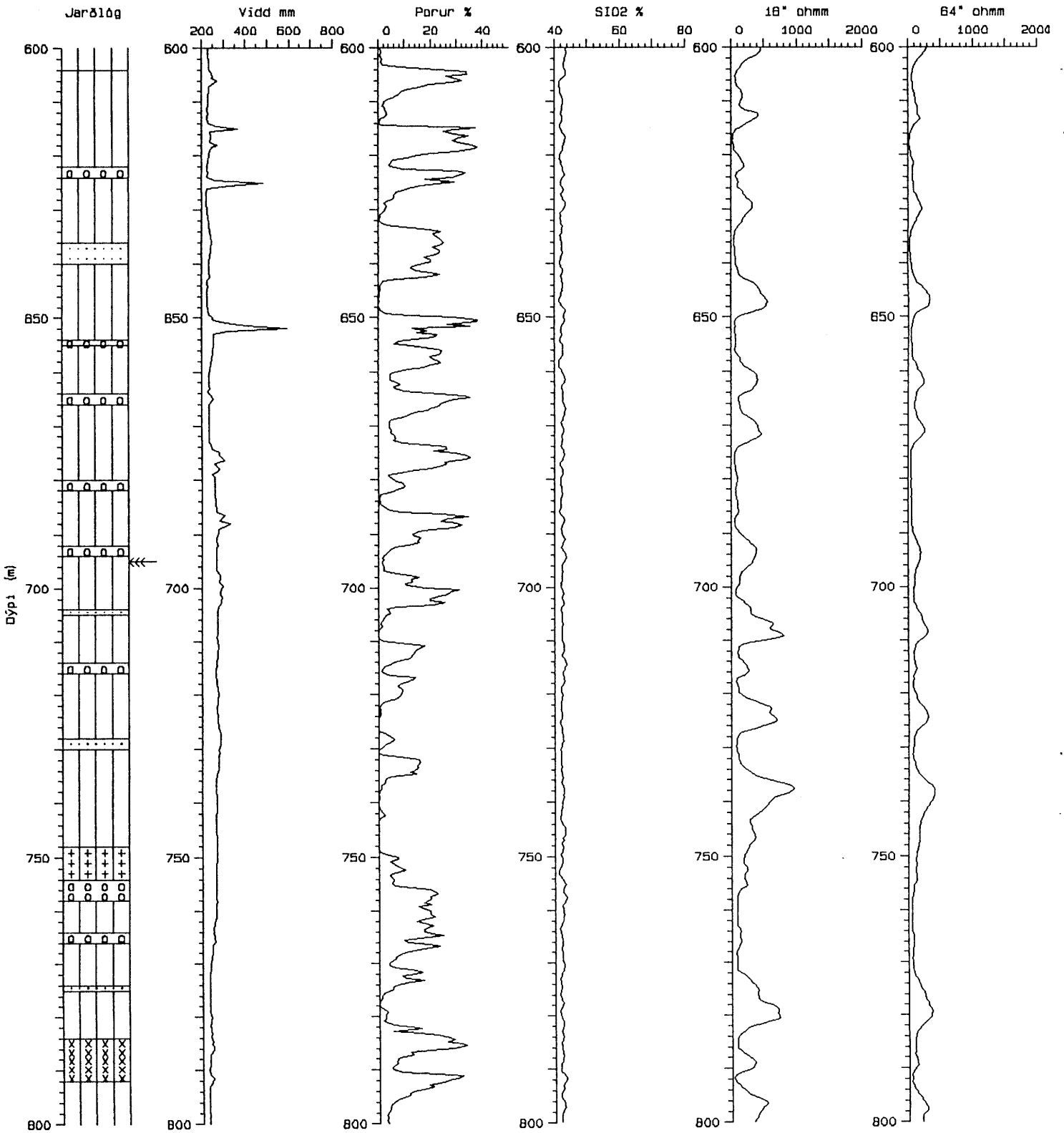
Laugarengi  
HOLA OB-04



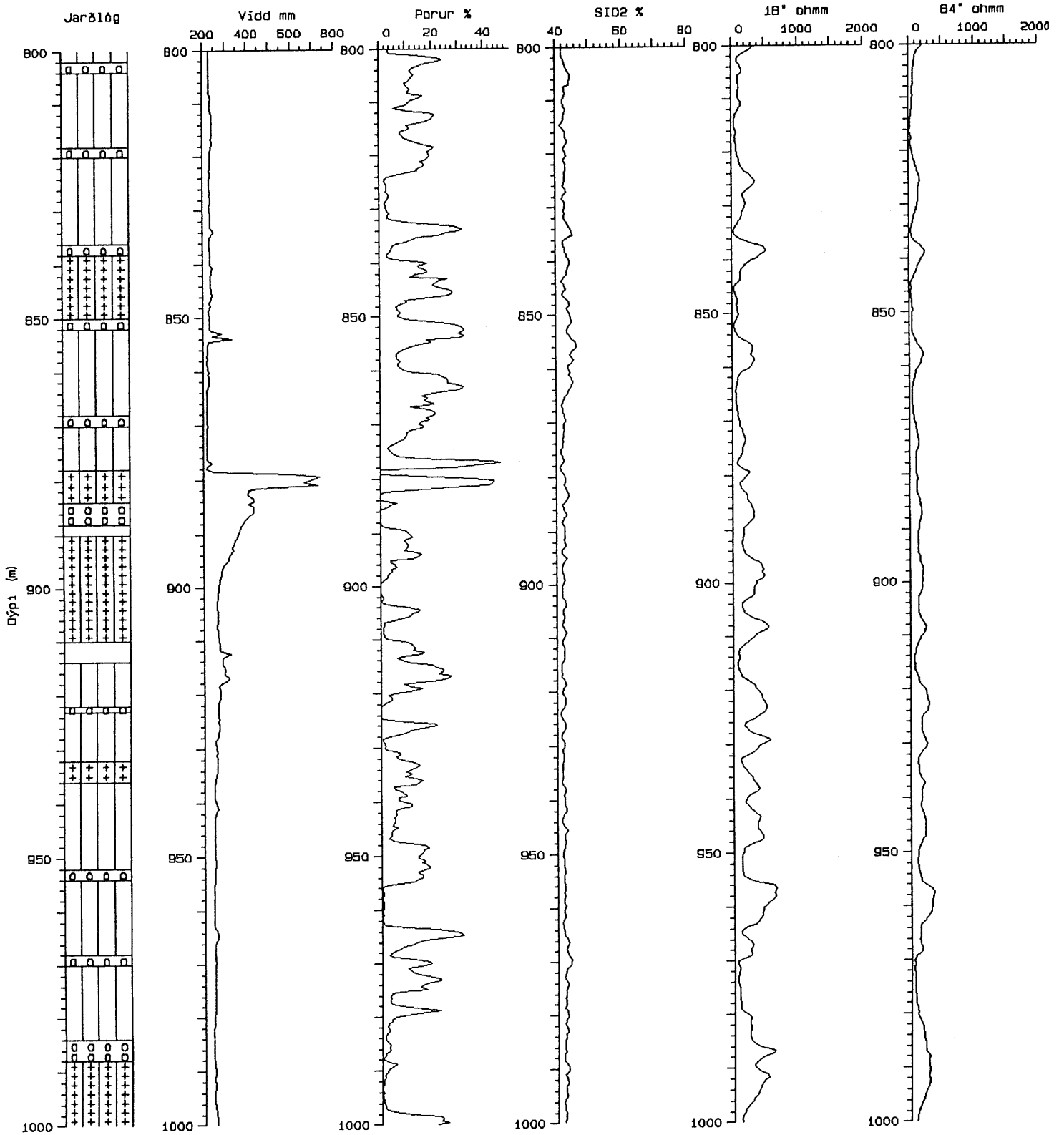
Laugarengi  
Hóla OB-04



# Laugarengi Hóla OB-04

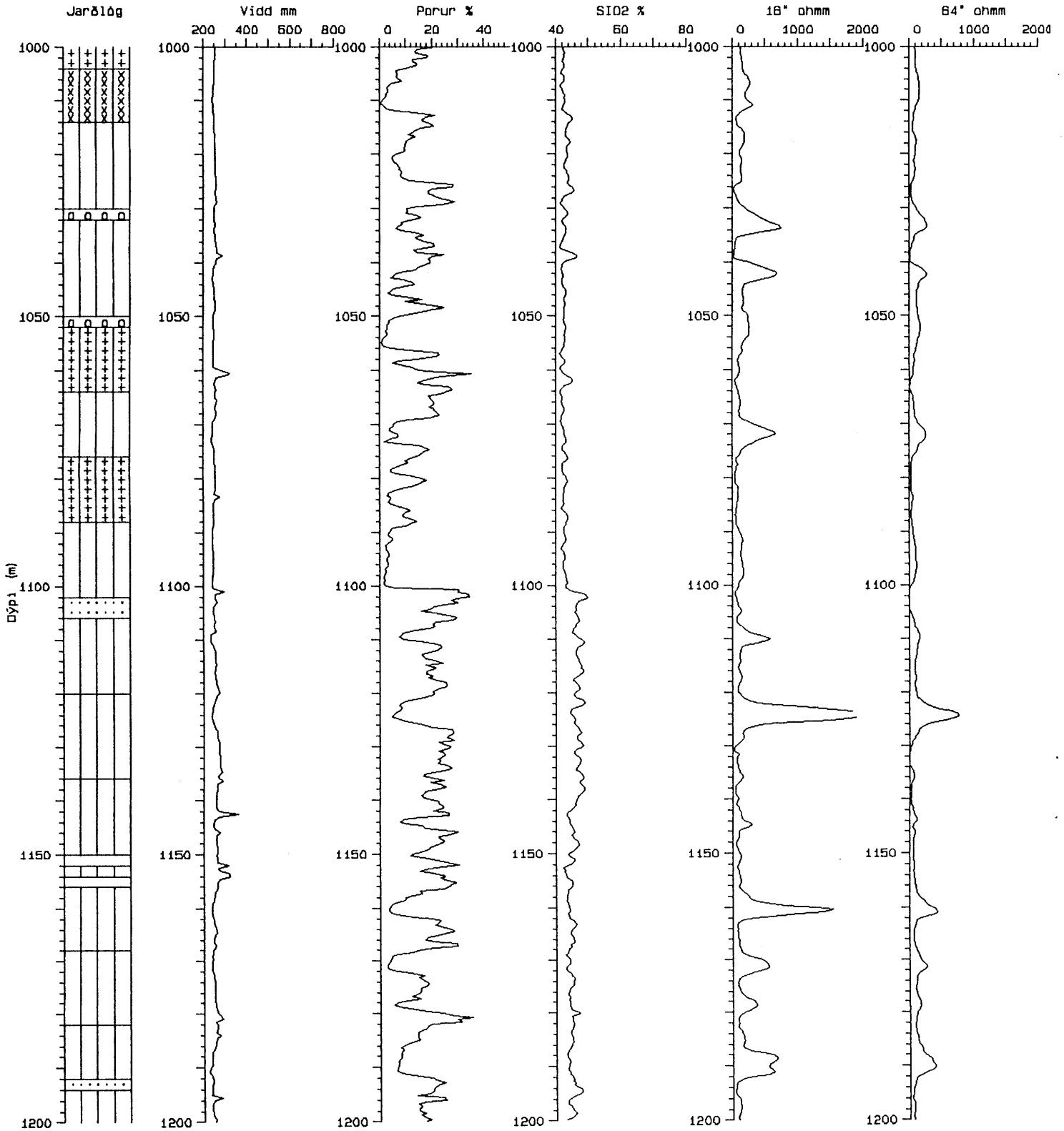


Laugarengi  
HOLA OB-04

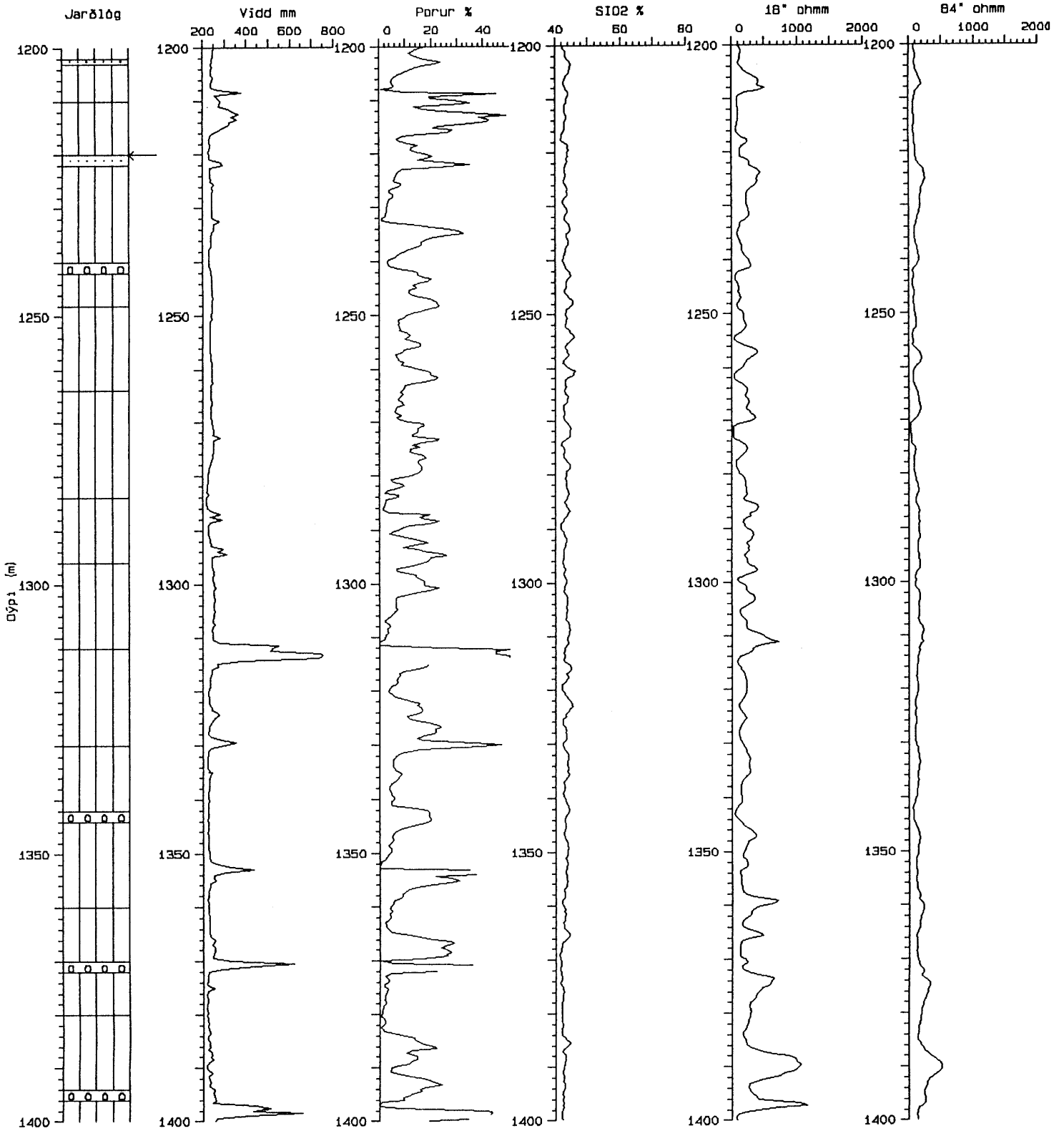




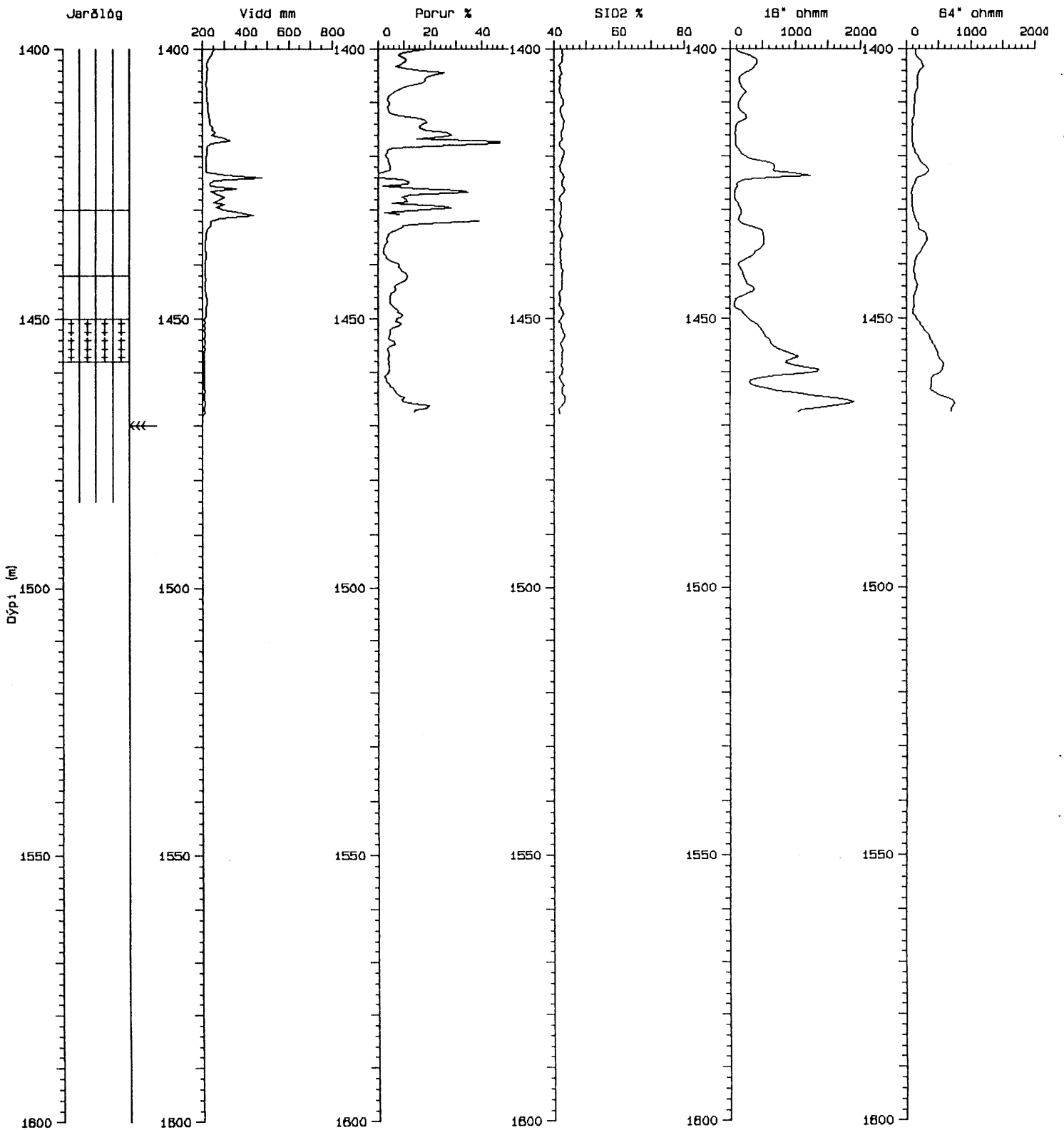
Laugarengi  
Hóla OB-04



Laugarengi  
Hóla OB-04



# Laugarengi Hóla OB-04

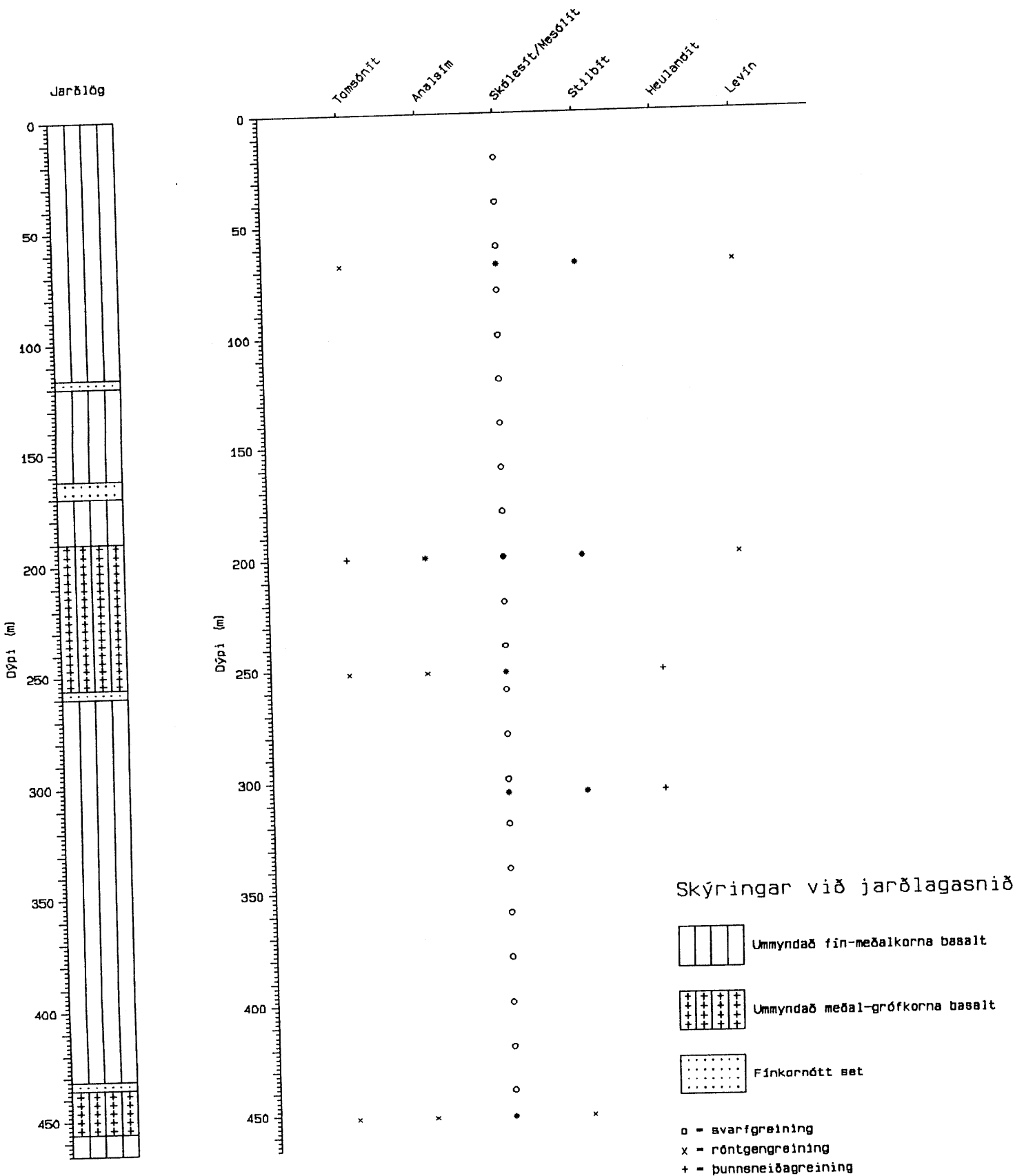


## **VIÐAUKI B**

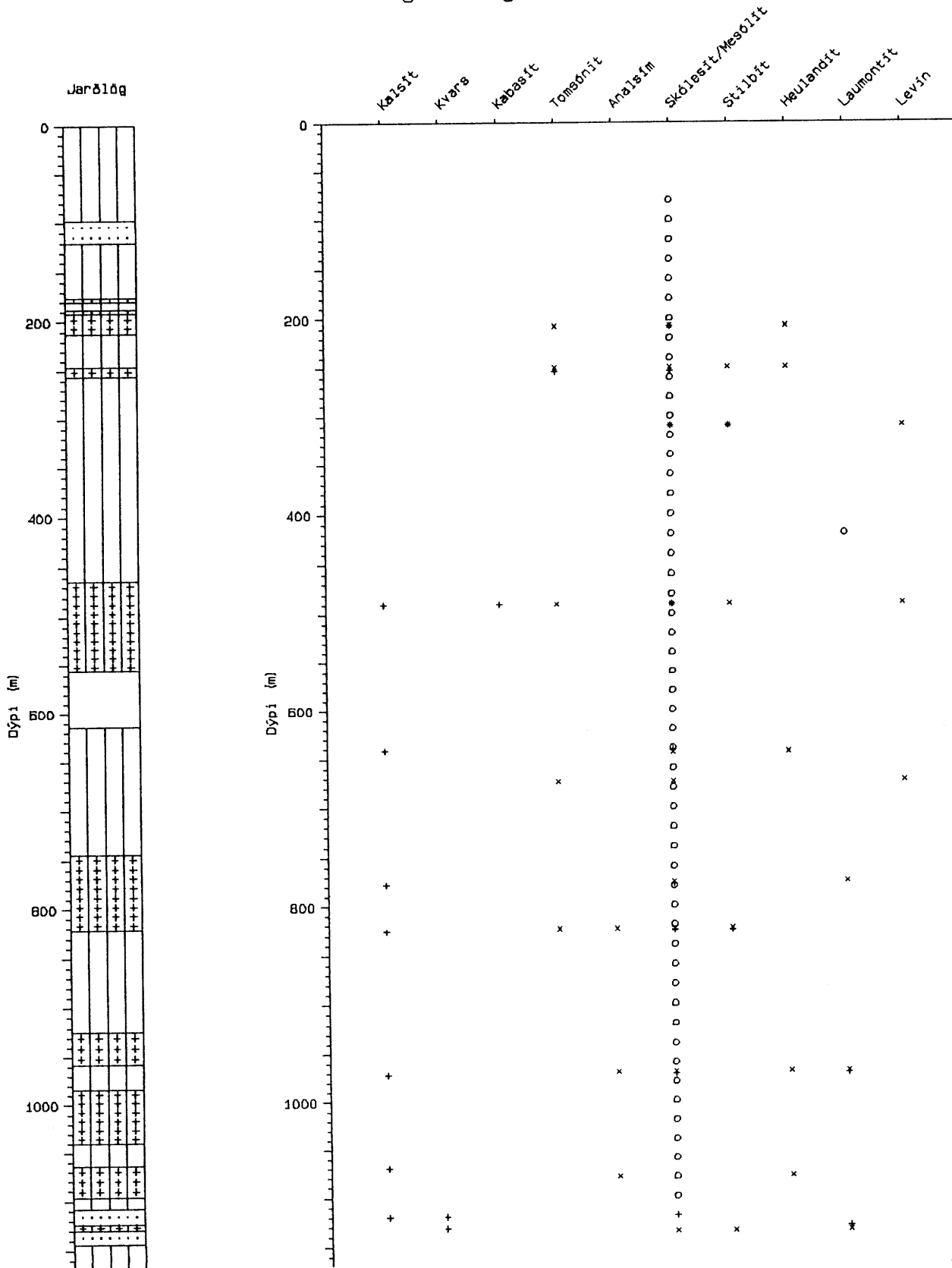
Ummyndun í holum 1, 3 og 4



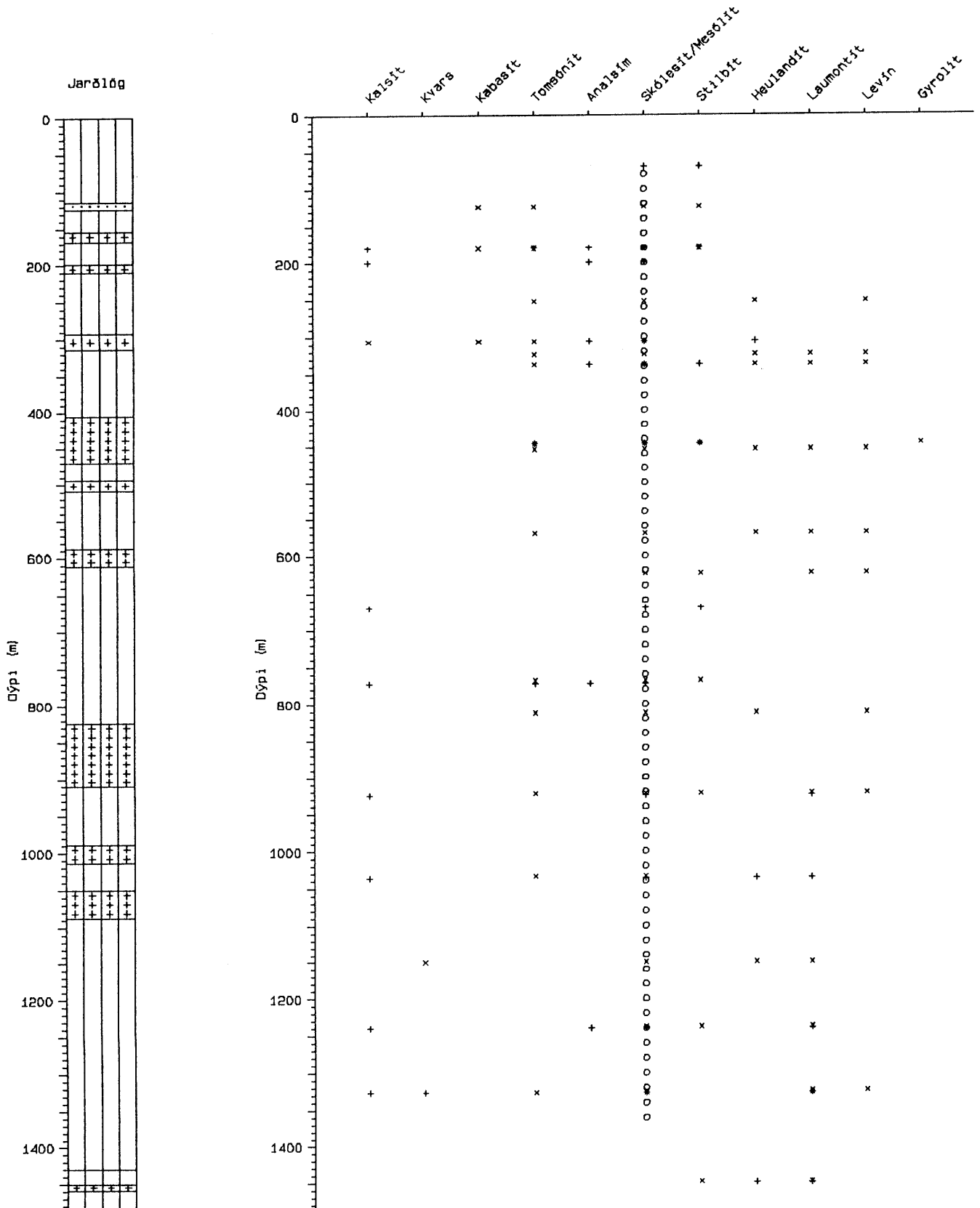
# Laugarengi hola 1



# Laugarengi hola 3



# Laugarengi hola 4







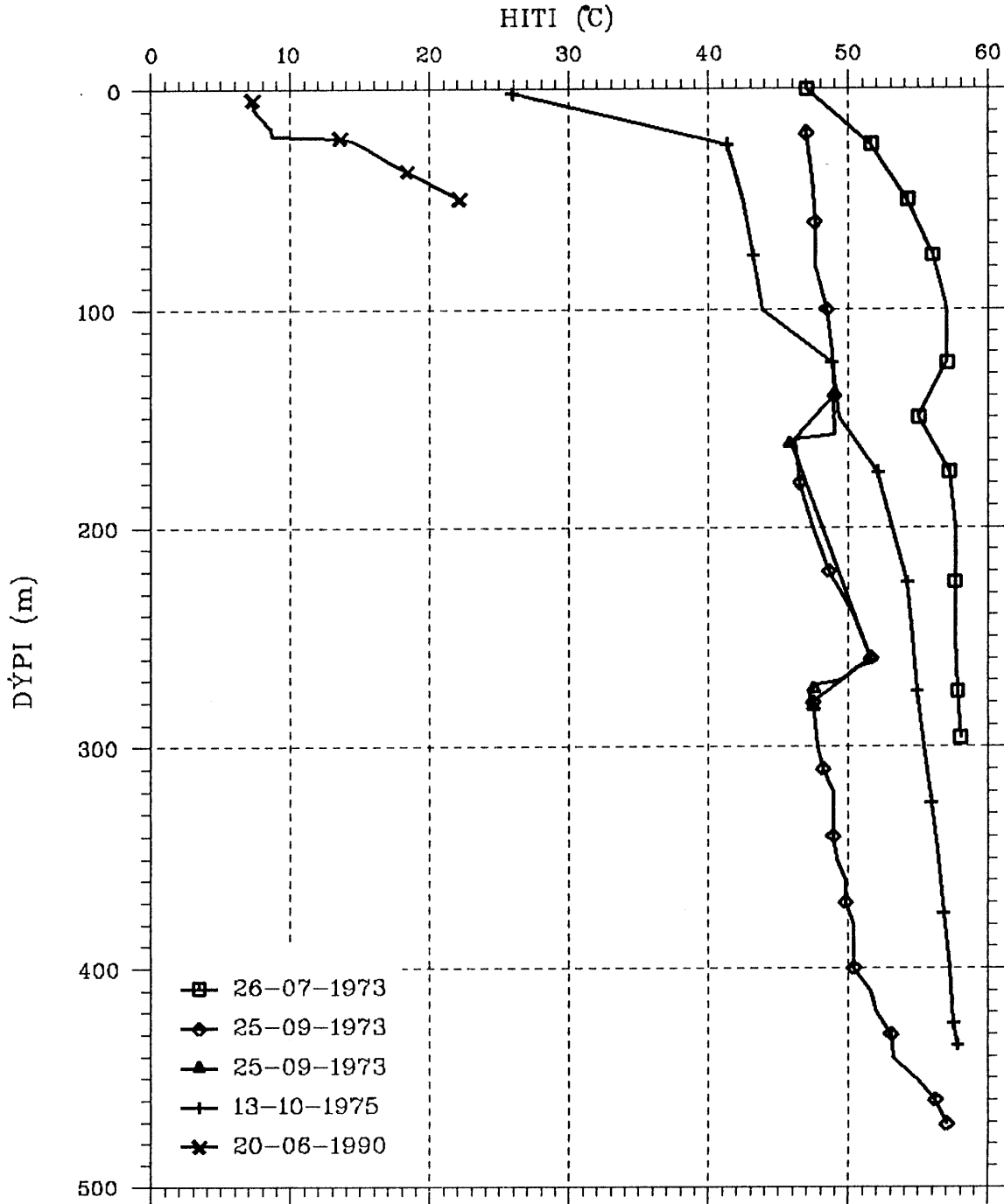
## **VIÐAUKI C**

**Hitamælingar úr holum 1 - 4**



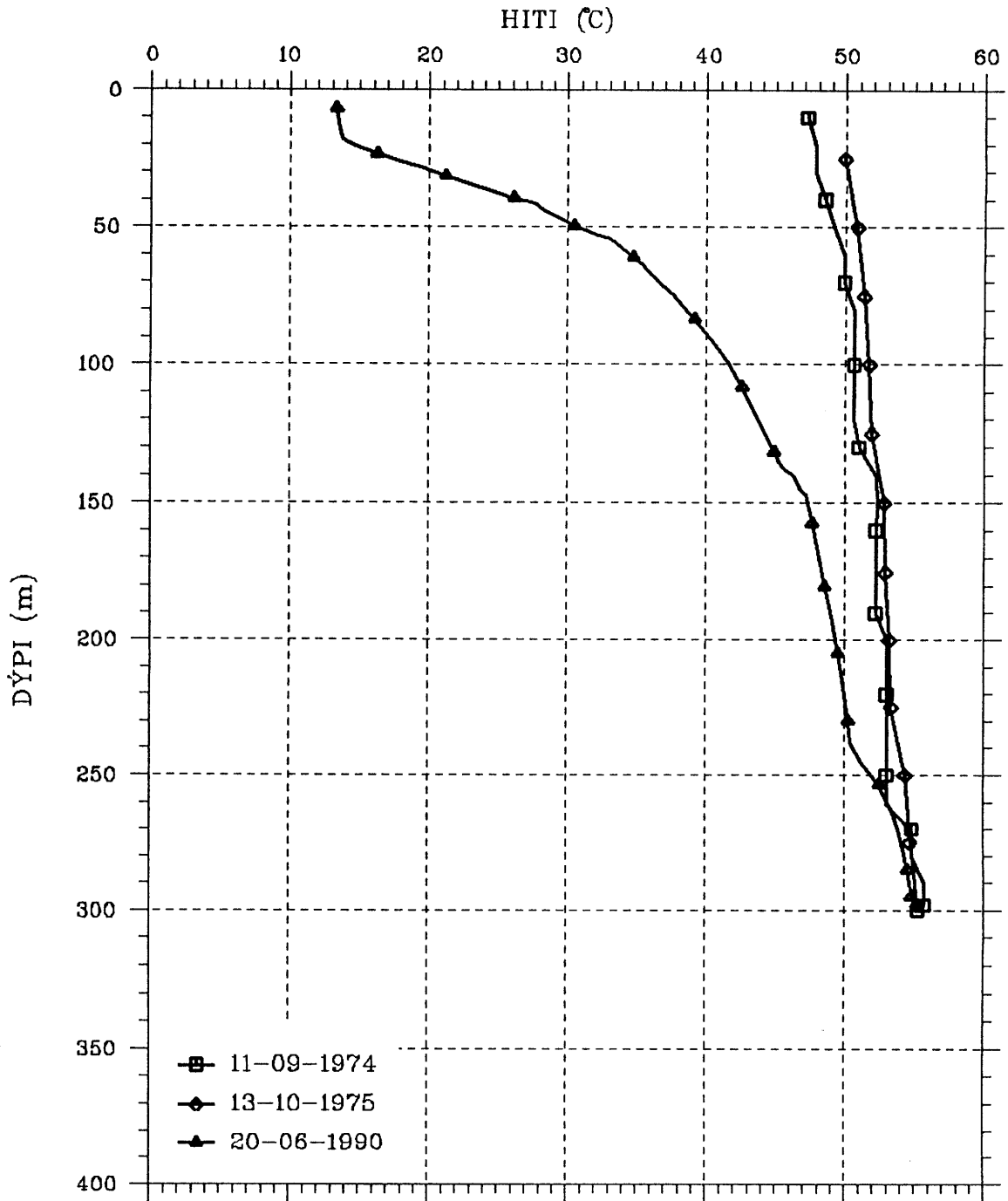
13 Mar 1992 hs  
L= 51421 Oracle

Laugarengi  
HOLA OB-01  
Hitamælingar



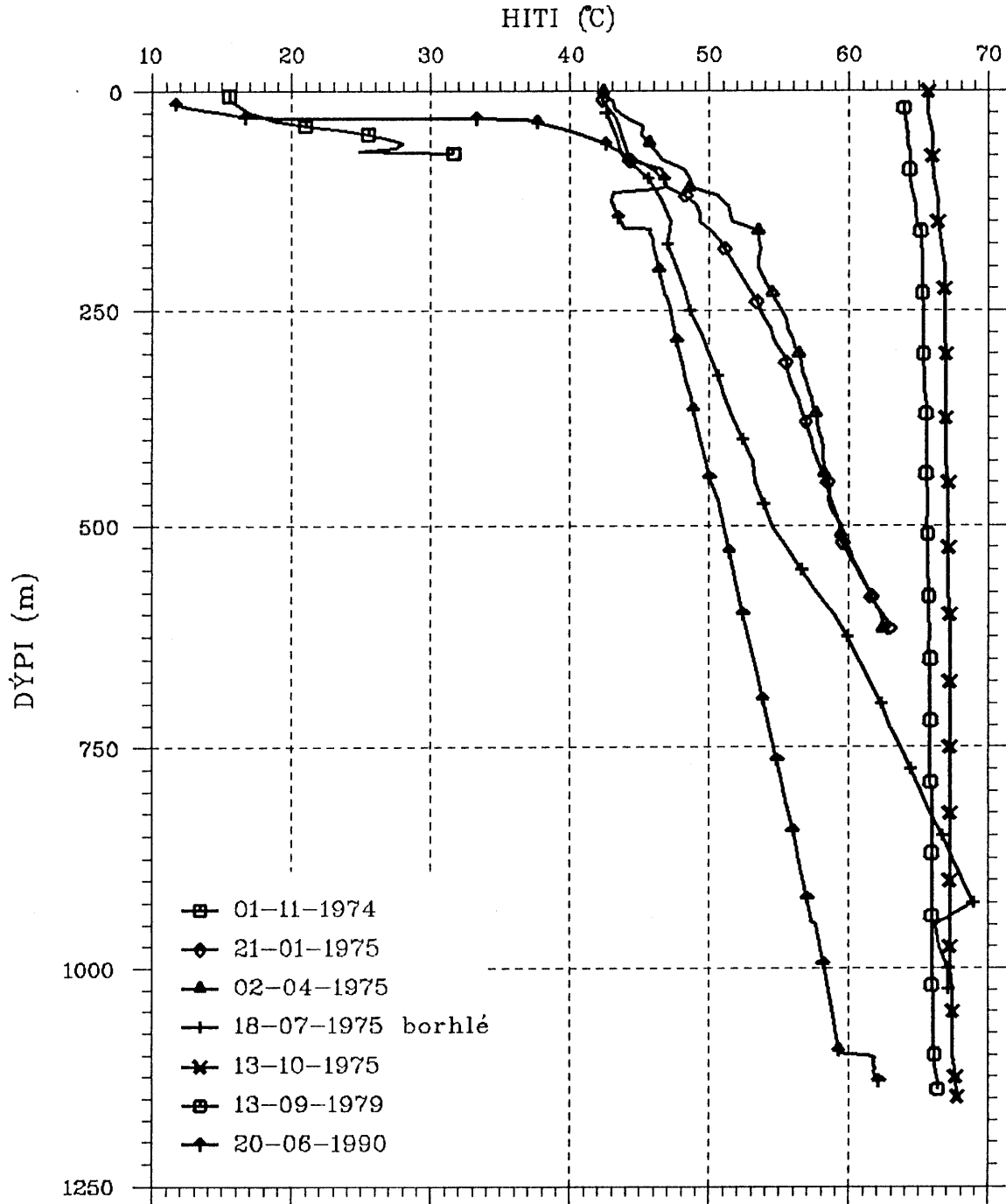
13 Mar 1992 hs  
L= 51422 Oracle

### Laugarengi Hola OB-02 Hitamælingar



16 Mar 1992 hs  
L= 51423 Oracle

### Laugarengi Hola OB-03 Hitamælingar



13 Mar 1992 hs  
L= 51424 Oracle

### Laugarengi HOLA OB-04 Hitamælingar

