



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Jón Benjamínsson

JARÐHITASVÆÐIÐ URRÍÐAVATNI
Hitamælingar í botnleðju 1982 og 1983

OS-85091/JHD-11
Reykjavík, október 1985



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Jón Benjamínsson

JARÐHITASVÆÐIÐ URRÍÐAVATNI
Hitamælingar í botnleðju 1982 og 1983

OS-85091/JHD-11
Reykjavík, október 1985

ÁGRIP

Sagt er frá hitamælingum í botnleðju Urriðavatns í Fellum og getið annarra hitamælinga í jarðvegi hérlendis.

Eftir að Hitaveita Egilsstaðahrepps og Fella fór að dæla heitu vatni úr borholum 4, 5 og 6 að Urriðavatni mynduðust ekki vakir í lagnaðarís á vatninu í sama mæli og áður. Vorið 1982 varð vart við háan hitastigul í botnleðju vatnsins. Vorið eftir var mælt niður í botnleðjuna af ísi eftir ákveðnu mælineti. Óeðlilega hár hitastigull í botnleðjunni mældist þá á 13 ha aflöngu svæði sunnan við borholugarðinn og bendir það til varmaflutnings með 1 l/s af 60°C heitu vatni. Samanburður við viðnámssniðsmælingar sýnir að hæstur hiti mælist í botnleðjunni í nágrenni "lágviðnámsveggs" sem túlkaður hefur verið sem aðfærsluæð heita vatnsins inn á jarðhitasvæðið. Kæling átti sér stað milli voranna 1982 og 1983 í botnleðju Urriðavatns norðan við borholugarðinn vegna niðurstreymis í jarðhitakerfið. Lagt er til að mælt verði aftur í botnleðjunni vorið 1986.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	2
MYNDASKRÁ	4
1 INNGANGUR	7
2 FYRRI MÆLINGAR Í JARÐVEGI HÉR Á LANDI	7
3 FRAMKVÆMD	11
4 MÆLISTÆRÐIR	13
5 VATNSHITI VIÐ BOTN	15
6 HITAMÆLINGAR 25.-27. MARS 1982	16
7 HITAMÆLINGAR 8.-15. mars 1983	16
8 HITASTIGULL	17
9 SAMANBURÐUR HITASTIGULSSNIÐS VIÐ VIÐNÁMSSNIÐ	19
10 VARMAFLÆÐI	19
11 HELSTU NIÐURSTÖÐUR	20
HEIMILDIR	21
MYNDIR	24

MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Meðalhitastig hvers mánaðar á 1 m og 2 m jarðvegsdýpi við Rafstöðina í Reykjavík árið 1931 ásamt lofthitastigi í 2ja m hæð	24
2 Meðalúrkoma hvers mánaðar árið 1931 við Rafstöðina í Reykjavík	24
3 Urriðavatn. Mælistaðir frá árinu 1982 sem notaðir eru til að draga jafnhitalínur eftir	25
4 Urriðavatn. Mælipunktur í botnleðju 8.-15. mars 1983 ...	26
5 Urriðavatn. Vatnsdýptarlínur frá 4ra m dýpi vorin 1982 og 1983	27
6 Urriðavatn. Fjöldi mælinga 1982 á móti botnhitastigi á fjórum botndýptarbilum, 2-4 m, 4-6 m, 6-8 m og 8-9,5 m ..	28
7 Urriðavatn. Fjöldi mælinga 1983 á móti botnhitastigi á fimm botndýptarbilum 0-2 m, 2-4 m, 4-6 m, 6-8 m og 8-10,5 m	28
8 Urriðavatn. Fjöldi mælinga 1982 á móti botnhitastigi	29
9 Urriðavatn. Fjöldi mælinga 1983 á móti botnhitastigi	29
10 Urriðavatn. Hitastig (1983) 10 sm frá botni	30
11 Urriðavatn. Snið af botnhitastigi og dýpi	31
12 Urriðavatn. Hitastig (°C) á 1 m dýpi í botnleðju 25.-27. mars 1982	32
13 Urriðavatn. Hitastig (°C) á 2ja m dýpi í botnleðju 25.-27. mars 1982	33
14 Urriðavatn. Hitastig (°C) á 3ja m dýpi í botnleðju 25.-27 mars 1982	34
15 Urriðavatn. Hitastig (°C) á 4ra m dýpi í botnleðju 25.-27. mars 1982	35

16	Urriðavatn. Hitastig (°C) á 1 m dýpi í botnleðju 8.-15. mars 1983	36
17	Urriðavatn. Hitastig (°C) á 2ja m dýpi í botnleðju 8.-15. mars 1983	37
18	Urriðavatn. Hitastig (°C) á 3ja m dýpi í botnleðju 8.-15. mars 1983	38
19	Urriðavatn. Hitastig (°C) á 4ra m dýpi í botnleðju 8.-15. mars 1983	39
20	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1982	40
21	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1982	41
22	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1982	42
23	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983	43
24	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983	44
25	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983	45
26	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983	46
27	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983	47
28	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983	48
29	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983	49
30	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983	50
31	Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983	51
32	Urriðavatn. Dýpi á fast í botnleðju 8.-15. mars 1983 og 25.-27. mars 1984	52
33	Urriðavatn. Jafnhitastigulslínur í botnleðju árin 1982 og 1983	53

34	Urriðavatn. Staðsetning viðnámsniðsmælinga og hita- mælisniða í botnleðju	54
35	Urriðavatn. Snið (175,y) er sýnir hitastigul í botn- leðju ásamt viðnámsgildum í berggrunni (snið A)	55
36	Urriðavatn. Snið (0,y) er sýnir hitastigul í botnleðju ásamt viðnámsgildum í berggrunni (snið B)	55
37	Urriðavatn. Snið (-100,y) er sýnir hitastigul í botn- leðju ásamt viðnámsgildum í berggrunni (snið C)	56
38	Urriðavatn. Snið (-400,y) er sýnir hitastigul í botn- leðju ásamt viðnámsgildum í berggrunni (snið D)	56
39	Urriðavatn. Líkan af jarðhitasvæðinu	57

1 INNGANGUR

Árið 1982 voru gerðar hitamælingar í botnleðju Urriðavatns niður um göt sem boruð voru í ísinn á vatninu. Niðurstöður þeirra mælinga sýndu óvenju háan hitastigul í botnleðjunni og bentu til að með frekari mælingum mætti afmarka jarðhitasvæðið. Þá hefur verið bent á hitamælingar í botnleðju sem mögulega aðferð til að fylgjast með kólnun vegna minnkandi uppstreymis (Jón Benjamínsson & Gestur Gíslason 1982).

Þær mælingar sem sérstaklega er lýst í þessari skýrslu voru gerðar dagana 7.-16. apríl 1983. Til þess að gera staðsetningar öruggari og mælingar sambærilegar milli ára var lögð út grunnlína í tvívíðu hnita-kerfi. Notaður var rafknúinn bor til að gera göt á ísinn og aflestur af hitamæli ásamt staðarhnitum lesin inn á segulband. Framkvæmd mælinganna er lýst nánar í sérköflum síðar í skýrslunni. Teikningar af hitaferlum og jafnhitalínunum eru upprunalega tölvuteiknaðar. Sáu Gestur Gíslason og Guðmundur Vigfússon um gerð tölvuforrita. Við mælingar úti á ísnum unnu Brynjólfur Eyjólfsson, Jón Benjamínsson, Gestur Gíslason, allir frá Orkustofnun, Kristinn Sigurjónsson efnafræðingur og Gunnlaugur Ólafsson starfsmaður Egilsstaðahrepps. Verkið var unnið á kostnað Jarðhitadeildar í náinni samvinnu við Hitaveitu Egilsstaðahrepps og Fella, sem sá um allan viðurgjörning og annan áfallinn kostnað við verkið eystra.

2 FYRRI MÆLINGAR Í JARÐVEGI HÉR Á LANDI

Á vegum Veðurstofunnar hófust mælingar á hitastigi jarðvegs árið 1924. Árið 1931 voru gerðar hitamælingar á eins m og tveggja m dýpi í jarðvegi við Rafstöðina í Reykjavík og sýnir mynd 1 niðurstöður þeirra mælinga ásamt lofthita í 2ja m hæð á sama stað og tíma. Greinilega koma í ljós árstíðabundnar sveiflur. Munur á milli hæsta og lágsta meðalhitastigsgildis er $9,3^{\circ}\text{C}$ á eins m dýpi en $3,5^{\circ}\text{C}$ á tveggja m dýpi. Athygli vekur að lágsti mánaðarhitinn á eins m dýpi er tveimur mánuðum síðar heldur en lágstur lofthitamánuður og lágsti mánaðarhitinn á tveggja m dýpi þremur mánuðum á eftir lofthita. Hitahámark er mánuði síðar á eins m dýpi og þremur mánuðum á tveggja m dýpi. (Úr Veðráttunni 1931).

Bjarni Helgason (1961) getur þess í fróðlegri grein í Náttúrufræðingnum að í sambandi við Skeiðaáveituna hafi Pálmi Einarsson landnámsstjóri og Sigurður Sigurðsson búnaðarmálastjóri mælt hitastig á 5 sm

og 10 sm dýpi í jarðvegi og gerðu þeir grein fyrir mælingunum í Búnaðarriti 1925. Bjarni getur hitamælinga sem hann gerði 15 sm undir yfirborði árið 1957 en í þeim mælingum kom fram allt að einnar °C dægursveifla að meðaltali (mánaðargildi). Í sömu grein er skýrt frá hitamælingum á 5 sm, 10 sm og 20 sm dýpi í moldarflagi. Vikuleg meðaltöl sýna fylgni við meðallofthita reiknaðan fyrir vikutíma.

Einna fyrstu jarðvegshitamælingar sem vitað er um að gerðar hafi verið í jarðvísindalegum tilgangi hérlendis voru gerðar í Hveragerði árið 1947. Mælingarnar gerðu Sigurður Þórarinsson jarðfræðingur, Pálmi Hannesson náttúrufræðingur og Steinþór Sigurðsson stjórnufræðingur, en með þessari aðferð m.a. tókst þeim að afmarka hættusvæði í Hveragerðiskauptúni, en undangengnir voru miklir jarðskjálftar með jarðraski og nýmyndun gufustreymis og hvera. Kortið er varðveitt hjá Hveragerðishreppi.

Árið 1962 og 1963 voru að tilhlutan Gunnars Böðvarssonar gerðar allvíðtækar hitamælingar í Henglinum til könnunar á varmastreyminu. Hiti var mældur á 10 sm dýpi undir yfirborði í jarðhitablettunum. Manna á meðal voru þetta kallaðar skellumælingar, en niðurstöður þeirra hafa ekki birst opinberlega.

Kristján Sæmundsson jarðfræðingur á Orkustofnun framkvæmdi mælingar árið 1967 í mýrlendinu á milli Þóroddsstaða og Grímslækjar í Ölfusi. Notaði hann rör með hámarks hitamæli í endanum sem hann potaði ofan í moldina. Komst hann allt niður á 7 m dýpi með þessum útbúnaði og tókst þannig að fá hugmynd um helstu uppkomustaðina. Gögnin hafa ekki varðveitst.

Sumarið 1968 var hiti mældur á 0,5 m dýpi með 30 m millibili á jarðhitasvæðinu á Reykjanesi og gert kort af svæðinu með jafnhitalínur á 0,5 m dýpi (Jón Torfi Jónasson 1968). Niðurstöðurnar voru notaðar við mat á varmastreymi svæðisins og til samanburðar við túlkun innrauðra loftmynda af svæðinu (Guðmundur Pálmason o.fl. 1970).

Hitamælingar hafa verið gerðar í gjóskujarðvegi Surtseyjar. Hlynur Sigtryggsson (1970) lét gera mælingar á 5 sm og 20 sm dýpi sumarið 1968 en þær sýndu heldur hærra hitastig heldur en mældur lofthiti. Sveinn Jakobsson (1972) komst að raun um við athuganir sínar á ummyndun basaltglers að hiti í jarðvegi óx mjög hratt úr 20°C til 50°C á 5 sm dýpi upp í fast að 100°C á 40-60 sm dýpi. Endurtekin mæling nokkrum dögum síðar á einum mælistaðnum sýndi 35°C frávik frá fyrri mælingu. Hinn hái hitastigull er talinn stafa af gufustreymi að neðan vegna eimingar regnvatns eða sjávar (Sveinn P. Jakobsson 1978).

Ævar Jóhannesson (1972) mældi hita í jarðvegi eyjunnar 1970 og mældi

allt niður á 140 sm dýpi. Í september 1975 mældi Ævar (Ævar Jóhannesson 1978) aftur og undantekningalaust á 100 sm dýpi og dró þá ályktun að hart yfirborðslagið einangraði hitaflæði að neðan og hindraði það að streyma alveg til yfirborðs en streymdi þess í stað til hliðanna.

Á Orkustofnun hafa verið gerðar mælingar á hita grunnt í jörðu. Árið 1975 var hiti mældur á 0,5 m dýpi á jarðhitasvæðinu í Reykholti. Í greinargerð um þær mælingar (Kristján Sæmundsson & Björgvin Guðmundsson 1975) er dregið upp kort með jafnhitalínum og aðgreind tvö aflöng svæði innan 15°C jafnhitalínu, þar sem óráðlegt er talið að byggja.

Sumarið 1975 voru að auki gerðar hitamælingar á 70 sm dýpi í jarðvegi við Laugarholt, Bæ og Hellur í Andakílshreppi. Mælingarnar sýndu að svæðið teygir sig í átt á milli jarðhitastaðanna (Kristján Sæmundsson o.fl. 1976).

Hitamælingar voru gerðar á 0,5 m dýpi í jarðvegi við Reyki í Fnjóskadal. Niðurstöðurnar voru notaðar til að áætla heitavatnsrennsli undir yfirborði út frá varmaleiðni til yfirborðs, en í skýrslu um jarðeðlisfræðilega forathugun að Reykjum (Ólafur G. Flóvenz 1980a) eru þessum hitamælingum í jarðvegi gerð nokkur skil.

Í ágúst 1979 voru gerðar hitamælingar á 0,5 m dýpi í jarðvegi við Grýtu í Öngulsstaðahreppi en hitahámark raðaði sér í ákveðna stefnu sem engin merki voru um á yfirborði (Ólafur G. Flóvenz 1980b).

Sumarið 1980 var mælt á 0,5 m dýpi í jarðvegi á 2 km spildu við Kristnes í Eyjafirði. Í ljós kom að hitahámark lá meðfram tveimur göngum með norðurstefnu og ennfremur mældist hærri hiti sunnan við norðaustlægan gang (Ólafur G. Flóvenz o.fl. 1981).

Hitamælingar gerðar á 0,5 m dýpi í jarðvegi sumarið 1980 við Hrafngilslaug syðri í Eyjafirði benda til að vatnið komi upp með gangi og streymi frá honum undir malarlögum og komi fram í mýri allnokkru frá (Bára Björgvinsdóttir 1982).

Guðmundur Ingi Haraldsson jarðfræðingur á Orkustofnun og Hallveig Thordarson jarðfræðingur mældu hitastig í jarðvegi við Vatnsleysu og Efrireyki í Biskupstungum, dýpst var mælt niður á 7 m dýpi. Á þennan hátt tókst að afmarka raunverulega uppkomustaði jarðhitans og sýna fram á að hann teygist í ákveðna stefnu út fyrir það svæði sem velgjur eru á (munnl. uppl. Guðmundur Ingi Haraldsson 1983).

Ólafur G. Flóvenz (1980a) komst að því við athugun gagna frá Veðurstofunni yfir tímabilið maí-september 1979 að úrkoma hefur óveruleg áhrif á jarðvegshita á 0,5 m dýpi, nema sólarhringsúrkoma nemi tugum

mm. Við samanburð myndar 1 við mynd 2 sem sýnir mánaðarúrkomu árið 1931, er ekki hægt að merkja bein áhrif úrkomu á jarðvegshita á 1 m og 2ja m dýpi.

Af framansögðu er ljóst að árstíðabundin hitasveiflna verður vart allt niður á 2ja m dýpi í jarðvegi. Það fer eftir eðlisvarma jarðvegsins hve stórar þessar sveiflur eru og hvort grastorf er ofaná. Fínkorna vatnskenndur jarðvegur hefur t.d. háan eðlisvarma. Úrkoma hefur að líkindum ekki áhrif á hitasveiflur í jarðvegi niður á 1-2 m nema um mjög gropinn jarðveg sé að ræða.

Á botni Urriðavatns eru aðstæður ólíkar þeim stöðum sem mælingar hafa verið gerðar á áður. Ræður þar mestu ofanálíggjandi vatnsmassi þar sem árstíðabundnar hitasveiflur eru mjög litlar og svo hitt að jarðvegur á botni Urriðavatns er mjög fínkorna. Samkvæmt lauslegri athugun Sigbjörns Guðjónssonar (munnl. uppl maí 1983) á 4ra m borleðju "kjörnum" þá eru efstu 0,5 m óhreinn kísilgúr, næstu 2 m kísilgúr, en þar fyrir neðan jökulaur. Hitamælingar í botnleðju Urriðavatns ættu því að geta gefið nokkuð góða mynd af varmastreymi neðan frá. Með því að mæla niður um borgöt á ís er hægt að fá góða staðsetningu á mælipunktum.

Frá því botnleðjumælingarnar að Urriðavatni fóru fram vorin 1982 og 1983 hafa hitamælingar í jarðvegi verið gerðar nokkuð víða í tengslum við könnun og leit að jarðhita. Má þar nefna mælingar á 0,5 m jarðvegsdýpi að Oddgeirshólum í Flóa sumarið 1984 (sjá Helgi Torfason & Guðmundur Ingi Haraldsson 1984) og á 0,5 m jarðvegsdýpi við Núpa í Ölfusi árið 1984 (Kristján Sæmundsson o.fl 1984). Í Kröflu var árið 1984 mældur hiti á 0,1 m og 0,5 m dýpi í yfirborðslögum af Ásgrími Guðmundssyni, Jóni Benjamínssyni og Halldóri Ármannssyni. Þá mældu Guðmundur Ingi Haraldsson og Sigmundur Einarsson jarðvegshita á 0,5 m dýpi á tveimur svæðum í Öxarfirði sumarið 1984. Botnleðjumælingum að Urriðavatni var fram haldið vorið 1984 og verður gerð grein fyrir þeim á öðrum stað.

3 FRAMKVÆMD

Árið 1982 þegar botnleðjumælingarnar hófust var aðallega mælt umhverfis vakasvæði, en einnig voru lagðar út tvær línur sem mælt var eftir. Staðsetning vaka og endastöðva á línu var mæld með málbandi frá föstum punktum í landi. Mynd 3 sýnir þá mælistaði frá árinu 1982 sem notaðir eru til að draga jafnhitalínur eftir. Vorið 1983 var lögð út grunnlína fyrir tvívítt hnitakerfi við austurlandið. Upphafspunktur liggur í útjaðri borplans við holu 5 (sjá ennfremur mynd 4) nánar tiltekið 6,0 m frá SV-horni dæluskúrsins og 8,1 m frá SA-horninu. Stefna y-áss, séð frá (0,0), er þá á annan símastaur sunnan við grunninn undan borholuskúr 6, en næsti staur fyrir norðan liggur í stefnu rétt framan við grunninn, en skúrinn sem var á holunni hefur nú verið fluttur á holu 8. Notaðir voru sömu lengdarmælingastrengir og í viðnámsmælingum, en þeir eru nokkur hundruð metra langir og merktir með 10 m millibili. Til að mæla hornið (90° á grunnlínu) var notað hornauga (hornspegill) og ennfremur búið til horn úr 25 m, 25 m og 35,4 m strengjum. Allir mælipunktar frá árinu 1982 hafa verið aðhæfðir þessu hnitakerfi til auðveldunar á úrvinnslu og samanburði seinna meir.

Boruð voru göt í gegnum ísinn með 51 mm stálbor sem á hafði verið soðinn um eins m langur framlengingaröxull, en efst á honum höfð hringlaga skífa til að varna því að borinn færi niður um gatið ef hann losnaði úr borvélinni. Notuð var 480 W Metabo-borvél með sjálfherðandi 13 mm "patrónu". Um 100 m löng rafmagnssnúra var notuð næst borholuskúrunum. Lengra úti á ísnum var notuð 1500 W Honda-rafstöð, sem dregin var á sleða. Á undan hitamælingunni var málbandi með sökku á endanum rennt niður um gatið og dýpi mælt við efri brún íss með aflestursnákvæmni upp á 5-10 cm. Niður um götin var stungið 1/2" galv. vatnsrörum skrúfuðum saman í 2ja metra lengdum. Í gegnum neðstu 4 metrana var lagður kapall með hitaskynjara á endanum og náði hann aðeins niður úr. Til varnar skynjaranum var járnprjónn soðinn fastur á endann og látinn ná nokkrar tommur niður fyrir skynjarann. Bætt var í 2ja metra lengjum eftir þörfum, en á stangirnar voru kvörðuð 0,5 m bil með merkipenna eða límbandi. Hitamælt var rétt ofan við vatnsbotn og síðan á 1, 2, 3 og 4 metra dýpi niður í botnleðjunni. Notað var segulband til að lesa inn á staðsetningu í hnitum, dýpi og aflestur (beint) af hitamæli. Ennfremur dýpi á fastan botn ef hann er ofar en 4 m í botnleðjunni og einnig dýpi á fyrirstöðu ef hennar varð vart. Best fer á að skrá upplýsingarnar niður á þar til gert eyðublað strax að kveldi og leggja nokkur gildi út á kort af mælisvæðinu. Þannig má sjá hvort mæling sé vafasöm og þurfi að endurtaka. Einnig kemur í ljós hvort þörf sé á að útvíkka mælisvæðið.

Botnleðjumælingar í Urriðavatni hafa nú verið gerðar tvisvar sinnum af

ís við mismunandi aðstæður í hvort skipti. Árið 1982 voru mælingar fyrst og fremst gerðar í og umhverfis vakir, og ekki í ákveðnu mælinganeti eins og árið 1983. Þá var og notaður handsnúinn ísnafar í stað rafmagnsbors. Augljósir kostir eru við að nota rafmagnssnúinn bor. Þó eru þeir vankantar á bornum sem notaður var 1983 að snigilgangur hans er fullstuttur, eða um 30 sm. Þarf að taka borinn upp til að hreinsa ísmulninginn úr snigilgangnum eftir um það bil 20 sm borun. Með því að lengja ganginn mætti bæði létta og stytta borunina. Nauðsynlegt er að hafa handsnúinn ísnafar til vara og ennfremur þjöl til að brýna með. Vorið 1983 voru að jafnaði 3 menn við mælingarnar en 2 árið 1982. Miðað við fjölda mælinga gekk mun betur árið 1982 þrátt fyrir færri menn. Hjálpast þar ýmislegt að. Seinfarið var eftir ísnum vegna snjóskafla vorið 1983 og síðasta daginn var krapaelgur, en árið 1982 var ísinn auður svo allir flutningar gengu miklu fljótar, helst að vantaði mannbrodna, en þeir eru nauðsynlegir við vinnu á hálum ís. Árið 1983 reyndist þýðingarlaust að bora göt á ísinn að kveldi því morguninn eftir var fennt í og yfir götin. Þá voru notuð 1/2" rör 1983, en árið 1982 voru notuð 3/8" rör sem eru léttari og kleift einum manni að draga röralengjuna upp úr botnleðjunni. Til þess þarf tvo menn við 1/2" röralengju ef vel á að vera. Einnig reyndist veikur hlekkur í 1/2" röralengjunni þar sem leiðslan í skynjarann var tekin út úr. Brotnaði nokkrum sinnum um þessi samskeyti og olli talsverðum töfum, en árið 1982 var leiðslan í mælinn leidd utan á rörinu. Tvisvar sinnum kom fram bilun í hitaskynjaranum sem leiddi til tímafrekra viðgerða þar sem frágangur hitaskynjara í rörinu er mjög vandasamur. Á móti framansögðum töfum vorið 1983 kemur hraðari gangur borunar (grennri hola, rafmagnssnúið), notkun griptanga við tengingu röranna og síðast en ekki síst notkun segulbands sem er til stórkostlegs hagræðis.

Reynslan af þessum tveimur mæliúthöldum sýnir að aðaláhrifavaldurinn um vinnuhraða er veðráttan og færðin á ísnum. Til úrbóta á verkþáttum má benda á nauðsyn léttari röra heldur en 1/2" og fljótvirkari tengibúnað heldur en venjulegar skrúfaðar múffur. Frágang skynjara má bæta og stytta má bortíma með því að lengja snúningsganginn (spónrásina) á bornum. Sleði með breiðum meiðum undir rafstöðina myndi auðvelda flutninga á henni og mætti gjarnan vera á honum staður til geymslu áhalda.

4 MÆLISTÆRÐIR

Í þessum kafla er stuttlega getið þeirra stærða sem mældar eru og hvaða not má hafa af hverri fyrir sig.

Að framan hefur verið greint frá mælinetinu sem lagt var út en það gerir kleift að gera samskonar mælingar af ísi á sama stað að ári. Á Orkustofnun hefur verið gert sérstakt tölvuforrit fyrir botnleðjumælingar í Urriðavatni, en það staðsetur m.a. mælipunkta í uppsettu hnitakerfi og dregur jafngildislínur. Á þennan hátt er hægt að gera samanburð milli mælinga, misjöfnum í tíma auk varðveislu gagna á aðgengilegu formi.

Vakir gefa upplýsingar um uppstreymi af botni. Nákvæm staðsetning þeirra gefur raunhæfan samanburð við fyrri mælingar. Fækkun vaka á virkjunarsvæðinu, eins og íað er að í skýrslu Jóns Benjamínssonar og Gests Gíslasonar 1982, getur bent til aukins niðurdráttar. Eftirlit með vakasvæðum getur því gefið óbeinar upplýsingar um þrýstiástand svæðisins. Á þeim tíma í marsmánuði 1983 sem mælingarnar voru framkvæmdar, fannst einungis ein vök í ísnum. Var hún aflöng um 2 m að lengd í stefnu með vatninu og var í henni allmikið bólustreymi.

Þykkt íss getur sagt til um bráðnun neðanfrá vegna uppstreymis jarðhitavats eða hreyfingu vatns vegna gasstreymis. Einungis tíundi hluti íss stendur upp úr raunverulegu vatnsborði, þannig að frávik í mældu vatnsdýpi vegna ísþykktar eru óveruleg þegar aflestur er 1/10 úr metra. Hinsvegar getur ís hrannast að landi og orðið þykkari þar og valdið frávik í dýpismælingum umfram 1/10 úr metra. Þannig var í apríl 1983 að fyrr um veturinn hafði ís brotnað upp á vatninu og skarast við austurströndina í hvassri vestanátt. Einkum reyndist ísinn þykkur norðan við garðinn að holum 4 og 6, allt að 1 m. Sunnan við garðinn var þykktin einnig um 1 m en náði stutt út frá garðinum. Annars var þykktin yfirleitt 0,7 - 0,8 m nema þegar kom vestur fyrir mitt vatn, þar gat þykktin komist niður í 0,5 m.

Dýptarmælingar eru gerðar til þess að vita frá hvaða dýpi mæling hefst niður í botnleðjuna, en botn finnst ógjarnan með 1/2" rörum þar sem þau síga í leðjuna undan eigin þunga. Dýptarmælingar hjálpa einnig til við könnun botnlagsins og dýptarkort kemur að gagni við mann-virkjagerð út í vatnið. Mynd 5 sýnir dýptarlínur dregnar samkvæmt dýptarmælingum við botnleðjumælingar 1983 að mestu en nokkrar mælingar frá 1982 eru notaðar til frekari fyllingar. Vatnshiti er mældur um 0,1 m frá botni, en áður hefur vatnsdýpið verið mælt. Ef um öflugt heitavatsuppstreymi væri að ræða ætti að verða vart við það með þessum mælingum rétt yfir vatnsbotninum.

Hiti er mældur á 4 dýptarpunktum, 1 m, 2 m, 3 m og 4 m. Athuga ber að fyrir flestar mælingar frá 1982 þurfti að umreikna hitastig á meters dýptarbilum þar eð mælingar niðri í botnleðjunni frá þeim tíma voru gerðar eftir metramerkjum á röralengjunni. Reynslan mun skera úr um það hvort þörf sé á að hitamæla á öllum dýptarpunktunum. Líkur eru á að úr hitamælingunum megi lesa eftirtalin atriði: Í fyrsta lagi þá gefa hitamælingarnar til kynna hvort um óvenjulegt varmastreymi sé að ræða í botnleðjunni. Hægt er að finna útbreiðslumörk hitafráviks og gera uppdrátt með jafnhitalínunum fyrir þau dýpi sem mælt var á. Hægt er að reikna út hitastigul og draga upp jafngildislinur fyrir hann á uppdrætti. Út frá hitatölunum og stærð hitasvæðisins er hægt að áætla varmastreymi upp í botnleðju og fá þannig hugmynd um varmaafköst svæðisins við náttúrulegar aðstæður. Með afmörkun hitahámarka er hægt að finna út hvar uppstreymi er hugsanlega einnig "jarðhitastrúktúrinn" ef t.d. svæðið er aflangt eða hitahámörk raða sér í ákveðna stefnu o.fl. í þeim dúr. Hitamælingarnar koma einnig að notum til að fylgjast með hvort botnleðjan kólnar, en það myndi gerast ef vatn hætti að streyma upp í botnleðjuna. Hugsanlegt er að finna megi með hitamælingum í botnleðjunni hvort niðurstreymi á sér stað, en þá myndu að öllum líkindum koma fram kuldapyttir, þ.e. þröngt afmarkaðir staðir með lægri hita og hitastigul en nágrennið. Með því að draga upp hitaferlana má ef til vill ráða af lögun þeirra úr hvaða átt hitastreymið er.

Skráning á fyrirstöðu, sem farið er í gegnum, í drullunni hefur ekki beint hagnýtt gildi fyrir jarðhitarannsókn. Hún getur hins vegar gefið upplýsingar um þykkunarhraða botnsets í Urriðavatni. Árið 1982 voru teknir kjarnar af botnleðjunni um líkt leyti og hitamælingar fóru fram. Kom þá fram að fyrirstaðan sem fannst í botnleðjunni eru tvö öskulög, annað gróft og ljósleitt frá Öskju 1875 og fínt dökkt öskulag, sennilega "a-lagið" sem talið er frá því um eða stuttu fyrir 1500 (Jón Benjamínsson 1981).

Dýpi niður á fastan botn er einnig skráð ef það er styttra en 4 m niður í botnleðjunni. Lögun fasta botnsins kemur að notum við mannvirkjagerð út í vatnið og enfremur getur lögun fasts botns verið til stuðnings jarðfræðigögnum.

Samanburður hitamælinganna við viðnáms- og segulmælingar getur hjálpað við túlkun þeirra. Sérstaklega ef einhverskonar regla er í mynstri hitamælinganna.

5 VATNSHITI VIÐ BOTN

Í kaflanum hér á undan er greint frá, að gerðar voru mælingar á vatnshita 0,1 m frá botni, en uppstreymi heits vatns á mælistaðnum kæmi fram í mælingum á herra hitastigi niður við botn. Þessa varð ekki vart í mælingunum 1982 og 1983. Ennfremur er nauðsynlegt að þekkja vatnshitann til að fá hugmynd um kælingu botnleðjunnar frá Urriðavatni. Þá má og reikna með nokkurri árstíðabundinni sveiflu, einkum þar sem vatnið er grunnt. Æskilegt væri að mæla vatnshitann á 2-3 stöðum á sitthverjum árstímanum til að fá frekari vitneskju þar um.

Gerður var samanburður milli árana 1982 og 1983 á mældu botnhitastigi á fjórum dýptarpunktum, sjá myndir 6 og 7. Greinilegur munur kemur í ljós þar sem kaldara er árið 1983 sem nemur 1,3°C á 2ja-4ra m botndýpi, 2,0°C á 4ra-8 m botndýpi og 1,3°C þar sem dýpra er heldur en 8 m. Athygli vekur að á þremur mælistöðum mældist vatnshitastigið við botn aðeins undir frostmarki. Sennilega er frekar um frávik í mæli að ræða heldur en að vatnið hafi verið krapað, enda stríðir það gegn öllum lögmálum. Hitamælir var kvarðaður í ísvatni þrívegis meðan á mælingum stóð. Samkvæmnin reyndist vera $\pm 0,2^\circ\text{C}$, þannig að innbyrðis samkvæmni er milli mælinganna frá árinu 1983. Við mælingarnar vorið 1982 var skipt um mæli á miðju úthaldi, en þeir voru báðir kvarðaðir í upphafi notkunar. Ólíklegt er að munur á milli mæla valdi þessum mikla mun. Hinsvegar má benda á að mælingar 1983 voru þrisvar sinnum fleiri og náðu út yfir sjálfst jarðhitasvæðið og er líklegt að í því liggi helsti munurinn. Hugsanlegt er þó að vatnið hafi verið eitthvað kaldara 1983. Einnig ber að hafa í huga að vorið 1983 voru mælingar ekki einungis gerðar á hinu eiginlega jarðhitasvæði eins og vorið 1982 heldur nokkuð út fyrir það.

Myndir 8 og 9 sýna fjölda mælinga niður við botn á móti mældu hitastigi. Kemur þar enn betur í ljós hitastigsmunurinn á milli árana. Þó vekur athygli að árið 1983 er stöplarityð tvítoppa og fellur síðari toppurinn næstum að gildum frá 1982.

Mynd 10 sýnir jafnhitalínur í Urriðavatni 10 sm frá botni. Með því að bera myndina saman við mynd 4 má sjá nokkra fylgni milli hitastigs og botndýpis. Þó er greinilegur munur á milli prófíla sem varla verður skýrður öðruvísi en sem rek í hitamælinum.

Mynd 11 sýnir þrjú hitasnið yfir vatnið en auk þess er viðkomandi dýpi dregið upp. Vegna óvissu um áreiðanleika þeirra hitamælinga sem gerðar eru með þungum stöngum rétt yfir botn (þær gætu lent aðeins ofan í leirinn) verður ekki fjallað frekar um þær hér. Geta má þess að annarsstaðar þar sem mælingar hafa verið gerðar í vötnum s.s. í Noregi, Svíþjóð og Sviss í því skyni að reikna hitaflæði, þá hefur það sýnt sig að allnokkur hitastigsmunur getur verið á vatninu milli ára. Ennfremur mælast þó nokkrar árstíðabundnar hitasveiflur en talið er nauðsynlegt að fylgjast grannt með hitastigi, helst yfir nokkur ár til þess að nota við nákvæmnisútreikninga á hitaflæði (Haenel o.fl. 1974 og 1979, Finckh 1981, Lindquist 1984).

6 HITAMÆLINGAR 25.-27. MARS 1982

Fyrstu hitamælingarnar í botnleðju Urriðavatns voru gerðar í marsmánuði 1982. Aðallega var mælt umhverfis vakasvæðin, en að auki mæld tvö snið (sjá Jón Benjamínsson og Gestur Gíslason 1982). Hluti þessara mælinga var sleginn inn í tölvu (sbr. mynd 3) og notaðar til að draga jafnhitalínur á sama hátt og fyrir gögn frá 1983 og til samanburðar við þau. Myndir 12-15 sýna tölvureiknaðar jafnhitalínur mælinga á 1, 2ja, 3ja og 4ra metra dýpi í botnleðjunni. Lögun jafnhitalínanna bendir til aflangs hitasvæðis sunnan við garðinn sem holur 4, 6 og 7 eru á og teygist norðaustur-suðvestur með hitahámarki tæpum tvö hundruð metrum út af holum 2, 3 og 5. Mælingarnar voru of fáar til frekari ályktana en kölluðu á áframhaldandi og nánari botnleðjumælingar.

7 HITAMÆLINGAR 8.-15. MARS 1983

Dagana 8.-15. mars 1983 voru mæld 9 snið út yfir mitt vatn frá austurströndinni, samtals 113 mælistaðir (sjá mynd 4). Einnig var mælt snið með 10 mælistöðum stutt sunnan við borholugarðinn. Þá var og mælt á tveim stöðum milli tveggja syðstu sniðanna. Samtals eru þetta 125 mælistaðir og yfir 600 hitastigsaflestrar. Á myndum 16-19 eru dregnar jafnhitalínur fyrir hitastigsmælingar á eins, tveggja, þriggja og fjögurra metra dýpi í botnleðjunni. Fram kemur aflangt svæði svo sem vísbending var um út frá mælingunum 1982. Þetta svæði sem óvenju hér hiti mælist í, nær frá austurlandinu út í mitt vatn og teygist um það bil 400 m í suðsuðvestur frá borholugarðinum. Lægri hiti mælist norðan við garðinn árið 1983 heldur en 1982. Mælingar sunnan við garðinn voru hinsvegar gerðar á það takmörkuðu svæði að ekki verður ráðið hvort hitastigsmunur er milli ára nema að næst garðinum þar sem gerðar voru allnokkrar mælingar virðist hitastig í botnleðjunni lægra 1983 heldur en 1982.

8 HITASTIGULL

Áður hefur verið vikið að þeim hugsanlega möguleika að hitastigsmunur gæti mælst milli ára vegna mismunar í hitamæli. Athuganir voru gerðar meðan á mælingum stóð og benda þær til að innbyrðis samkvæmni sé á milli mælingafrámkvæmda í sama úthaldi. Raunhæfast er því að bera saman hitastigul í botnleðju þegar um samanburð á milli ára er að ræða. Forrit gert sérstaklega fyrir þetta verkefni teiknar hitastig á móti dýpi, skráir botndýpi, fastan botn, staðsetningu og fyrirstöðu sem farið er gegnum jafnframt því að reikna hitastigul á milli 2ja m og 4ra m dýpis í botnleðju og/eða milli 1 m og 4ra m dýpis. Ennfremur eru hnit hvers mælistaðar skráð fyrir ofan viðeigandi hitaferil. Myndir 20-22 sýna hitastig á móti dýpi frá árinu 1982. Flestir ferlanna beygja af í átt til lægri hita þegar komið er niður fyrir 3ja m dýpi en aðrir fara stighækkandi og enn aðrir sýna línulega hækkun eða eru hlykkjóttir. Lögun ferlanna getur sagt til um varmaflutning í botnleðjunni. Við eðlilegar aðstæður, þ.e. við varmaleiðni er gert ráð fyrir að lína gegnum mælipunktana sé bein. Þar sem er uppstreymi heits vatns er líklegast að hitastigull sé lágur en hitastig hátt. Ef um lítið streymi er að ræða má búast við að ferillinn beygi af til lækunar efst vegna kælingar frá yfirborði. Hlykkjóttur ferill táknar yfirleitt kælingu vegna aðstreymis kalds vatns. Ferill þar sem hitastig vex með auknu dýpi umfram línulega fylgni táknar yfirleitt kælingu ofan frá. Nauðsynlegt er að þekkja ótrufaðan hitastigul í botnleðjunni þegar lögun ferlanna er skoðuð. Í því skyni var mælt á tveim stöðum syðst á vatninu og tveim stöðum nyrst. Hitastigull reyndist $1,5-2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ syðst en $1-1,5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ nyrst. Afbrigðilega hár hitastigull í botnleðju Urriðavatns er því talinn þegar hann er fyrir ofan $2^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Hér er sennilega um of hátt gildi að ræða er kann að lækka við frekari mælingar þar að lútandi.

Myndir 23-31 sýna hitastig í botnleðju árið 1983 á móti dýpi í botnleðjunni. Eftirtekt vekur að í sniðum 175,y og 125,y og 100,y sem eru norðan við borholugarðinn er lágur hitastigull og er lögun hitaferlanna lík því að vera trufluð af heitavatnsuppstreymi. Í þessum tilvikum getur þó ekki verið um slíkt að ræða, til þess er hitastig niður við botn og á 1 m dýpi í botnleðju ekki nógu hátt. Sunnan við borholugarðinn verður lögun ferlanna öðruvísi, ýmist jafnhalla eða þá að hiti hækkar með dýpi frá beinni hitastigulslínu. Það síðarnefnda virðist nokkuð ráðandi hjá syðstu sniðunum þar sem mest er vatnsdýpið. Áður hefur komið fram að á um 2,5 m dýpi í botnleðjunni skiptir úr kísilgúr yfir í jökulaur. Þessu gæti fylgt breyting í varmaleiðnistuðli og þar með hitastigli án þess að um breyttan varmastraum sé að ræða. Þar af leiðandi verður að sýna mikla gát við túlkun gagnanna vegna hugsanlegs breytileika í varmaleiðnistuðli milli mælistaða.

Til þess að draga frekari ályktanir um lögun hitaferlanna þyrfti að vita réttan hitastigul í botnleðju. Þá vitneskju mætti fá með því að mæla víðar í botnleðjunni fyrir utan sjálft jarðhitasvæðið og enn fremur kanna hitastigul í botnleðju annarra vatna í nágrenninu. Þá þyrfti og að taka sýni til mælinga á varmaleiðnistuðli en breytingar á honum s.s. vegna mismunandi mikils kísilgúrs geta skipt allmiklu máli við túlkun.

Á teikningunum af hitaferlunum er sýnt þar sem "fastur" botn hefur fundist á innan við 4ra m dýpi ofan í botnleðjunni. Er hann sýndur sem óbrotið strík, en önnur fyrirstaða, líklega öskulög, sýnd sem strikálína. Mælistaðir frá árunum 1982 og 1983 þar sem vart varð við fastan botn á innan við 4ra m dýpi í botnleðjunni eru sýndir á mynd 32. Athygli vekur hve stutt er niður á fast í botnleðjunni á einum mælistað (0,8 m) út af holu 2 og 3. Þessi hóll er stutt fyrir sunnan þann stað sem stærst vök, nr. 2 í skýrslu Jóns Benjamínssonar og Gests Gíslasonar (1982), myndast vanalega. Verði framhald á mælingum í botnleðju er ekki úr vegi að kanna dýpi á fast umhverfis þennan mælistað og athuga hvort þessi "fasti botn" hefur ákveðna lögun, svo og hvort hér gæti verið á ferðinni hverahrúður eða samanbökun setlög vegna jarðhita, frekar en berggrunnur.

Þegar borholugarðurinn fyrir holur 4 og 6 var lagður virtist sem stutt væri niður á fast í botnleðjunni þar sem hola 4 var boruð og eins var ekki langt niður á fast þar sem hola 6 var boruð, en á milli hola 4 og 6 virtist sem væri einskonar gjá eða í það minnsta mjög gljúp botnleðja (sjá Jón Benjamínsson, 1984). Á mynd 32 má sjá að nálægt holu 4 er styttra en 4 m niður á fast í botnleðjuna. Sá mælistaður sem næst liggur holu 6 og sýnir 2,8 m dýpi niður á fast er samt ekki nógu nálægt holunni til að staðfesta það álit að stutt hafi verið ofan á fast þar sem hola 6 var boruð. Athygli er vakin á því að niðurstöður mælinga á mynd 32 eru frá árunum 1982 og 1983 en óvíst er hvort ísstaða hafi verið sú sama bæði árin þannig að nákvæmur samanburður milli mælinga gerðra á sitt hvoru árinu er varasamur.

Hitastigull var reiknaður út fyrir árin 1982 og 1983 og eru jafnhitastigulslínur fyrir bæði árin sýndar á mynd 33. Lögun ferlanna er ekki svo ólík en mjög greinilegur munur er í hitastigli milli áranna. Kemur hann fram sem hitastigulslækkun í botnleðjunni fyrir norðan borholugarðinn. Jón Benjamínsson (1985) sýndi fram á að mjög hratt niðurstreymi var norðan við garðinn á köldu Urriðavatni inn í jarðhitakerfi borhola 4 og 5. Niðurstreymi mældist einnig sunnan við garðinn, en ekki líkt því jafn mikið. Líklegt má því telja að kólnunin í botnleðju milli áranna 1982 og 1983 fyrir norðan sé vegna niðurstreymis kalds vatns. Forvitnilegt er að kanna hvort þessi kólnun botnleðjunnar hefur haldið áfram eftir að hola 8 var tekin í notkun í desember 1983 en þá var dælingu hætt úr holu 4 og 6 og í júní 1984 var hætt að dæla úr holu 5.

9 SAMANBURÐUR HITASTIGULSSNIÐS VIÐ VIÐNÁMSSNIÐ

Viðnámssniðsmælingar voru framkvæmdar við Urriðavatn sumarið 1982. Var þá framar öðru vonast eftir að finna sprungur með lítið viðnám gegn rafstraumi, eða með öðrum orðum sprungur fylltar heitu vatni. Niðurstaða mælinganna varð sú að umhverfis Urriðavatn væru berglög lítið leiðandi (nefnt háviðnám 200-400 ohm) en undir hluta vatnsins væri velleiðandi svæði (nefnt lágviðnám <100 ohm) með áberandi "lágviðnámsvegg" og talið er að þessi velleiðandi veggur sé sprunga sem flytji vatnið að jarðhitasvæðinu (Sigmundur Einarsson o.fl. 1983). Á mynd 34 er þetta lágviðnámssvæði sýnt skyggt og "lágviðnámsveggurinn" sem dökk brotin lína. Á myndinni er sýnd lega nokkurra viðnámssniðsmælinga auk hitamælisniða er liggja svipað. Forvitni lék á að vita hvort hærri hitastigull væri yfir þeim stöðum þar sem "lágviðnámsveggurinn" hafði komið fram í mælingum. Í því skyni voru dregnar upp myndir 35-38 en þær sýna snið af hitastigli þvert yfir vatnið ásamt viðnámsgildum í berggrunni. Hjá nyrsta sniðinu (mynd 35) er hámark í hitastigli mjög nærri því að vera yfir lágviðnámsrennunni, en á myndum 36 og 37 (sjá staðsetningu á mynd 34) er hámarkshitastigull heldur fyrir vestan umrædda lágviðnámsrennu og nær því að vera þar sem vatnsleiðarinn er merktur á mynd 39. Ekki verður greint neitt afgerandi hámark í hitastigli í syðsta sniðinu. Æskilegt væri að hitamæla alveg yfir vatnið út á háviðnámssvæðið en þá fengist betri samanburður á hitastigli yfir háviðnámssvæði.

10 VARMAFLÆÐI

Ályktað hefur verið framar í skýrslunni að hitastigull í botnleðjunni sé afbrigðilega hár þegar hann er um og yfir 2°C/m. Út frá mælingum 1983 fékkst sá hitastigull sem dreginn er upp á mynd 39 en jafnframt eru á myndinni upplýsingar um ýms önnur jarðfræðileg fyrirbæri s.s. vakir, ganga, misgengi, vatnsleiðara og lágviðnám. Stærð svæðis þar sem hitastigull er 2°C/m eða meira er um 13 hektarar. Stærð svæðis þar sem hitastigullinn er hærri heldur en 4°C/m er um 4 ha en svæðið þar sem hann er 6°C/m eða hærri er um 0,4 ha.

Ólafur G. Flóvenz (1980a) reiknaði varmastreymi í jarðhitasvæði hjá Reykjum í Fnjóskadal eftir hitamælingar í jarðvegi á 50 sm dýpi og áætlaði út frá því heitavatnsrennsli í lausum jarðvegi á svæðinu. Sé tekið það svæði í Urriðavatni sem afmarkast af 3°C hita niður við botn fæst út um 8 ha svæði, þ.e. 2/3 hlutar þess svæðis sem hefur hitastigul hærri en 2°C/m. Þegar fundinn hefur verið mismunur á hitastigi

niður við botn og á eins m dýpi í botnleðjunni má nota þá niðurstöðu til að finna varmaústreymi úr botnleðjunni á flatareiningu (F) samkvæmt jöfnunni:

$$F = k \cdot a = W/m$$

$$k_1 = \text{varmaleiðnistuðull jarðvegs} = 0,47 \text{ W/m}^\circ\text{C} \text{ (Ólafur Flóvenz 1980a)}$$

$$k_2 = \text{varmaleiðnistuðull vatns} = 0,55 \text{ W/m}^\circ\text{C} \text{ (Weast 1970-71)}$$

$$a = \text{"hitastigull"} \text{ }^\circ\text{C/m}$$

Með því að margfalda útkomu úr jöfnunni hér að ofan með flatarmáli svæðisins fæst varmastreymi sem er umfram varmastreymi ótruflaðs ástands. Reiknað var með tveim varmaleiðnistuðlum, þ.e. í jarðvegi (skv. Ólafi G. Flóvenz 1980a) og vatni (skv. Weast 1970-71). Fást þá út 190 KW fyrir varmastreymi í jarðvegi og 223 KW fyrir varmastreymi í vatni. Miðað við að varmaflutningur í botnleðjunni sé með vatni sem kólnar úr 60°C niður í 10°C fæst að rennslið þarf að vera 1 l/s af 60°C heitu vatni. Hafa ber í huga að þetta er aðeins gróf nálgun og eins að um lágmarksgildi er að ræða.

11 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Hærrí hitastigull en 2°C/m er talinn óeðlilega hár í botnleðju Urriðavatns. Hann finnst á 13 ha aflöngu svæði sem að mestu er fyrir sunnan garðinn að borholum 4, 6 og 7. Hámarksstigull er yfir 7°C/m á svæði þar sem hvað stærstar vakir mynduðust áður en dæling hófst í einhverjum mæli úr holum 4 og 5. Hinn óeðlilegi hitastigull bendir til varmaflutnings neðan að er samsvarar a.m.k. 1 l/s af 60°C heitu vatni.

Kæling hefur átt sér stað í botnleðjunni fyrir norðan borholugarðinn milli áranna 1982 og 1983 en þá voru holur 4, 5 og 6 í rekstri. Frá því um mitt ár 1984 hefur hola 8 annað heitavatnspörfinni en í hana kemur vatn af meira dýpi heldur en í holur 4 og 5 sem vitað er að drógu einnig kalt Urriðavatn niður í jarðhitakerfið.

Við eðlilegar aðstæður, þ.e. ekkert niðurstreymi ætti botnleðjan norðan borholugarðsins að fara hitnandi á ný. Með tilliti til þessa er lagt til að hitamælingar verði endurteknar vorið 1986 og mælisvæðið víkkað aðeins út á háviðnámssvæðið. Jafnframt er lögð til sýnataka til mælinga á varmaleiðnistuðli. Ráðlegt er að nota léttari mælistangir heldur en árið 1983.

HEIMILDIR

- Bára Björgvinsdóttir 1982: Segulmælingar í Hrafnagilshreppi í Eyjafirði. Orkustofnun, OS82100/JHD15, 27 s.
- Bjarni Helgason 1961: Athuganir á hitastigi jarðvegs á Íslandi. Náttúrufræðingurinn, 31. árg. 3. hefti: 97-144.
- Finckh, P. 1981: Heat flow measurements in 17 perialpine lakes. Geol. Soc. Am. bull. Part I, vol. 92: 108-111.
- Guðmundur Pálmason, J.D. Friedman, R.S. Williams Jr., Jón Jónsson og Kristján Sæmundsson 1970: Aerial infrared surveys of Reykjanes and Torfajökull Thermal Areas, Iceland, with a section on cost of exploration survey. Geothermics 1970, special issue 2: 399-412.
- Haenel, R., G. Grönlie & H.S. Heier 1974: Terrestrial heat flow determinations from lakes in southern Norway. Nor. Geol. Tidsskr., 54(4): 423-428.
- Haenel, R., G. Grönlie & H.S. Heier 1979: Terrestrial heat flow determination in Norway and an attempted interpretation. Í: V. Cermák & L. Ryback (ritstj), Terrestrial heat flow in Europe. Springer, Berlin: 232-239.
- Helgi Torfason & Guðmundur Ingi Haraldsson 1984: Kortlagning yfirborðsjarðhita í Leirföllum í landi Oddgeirshóla, Hraungerðishreppi, Árneshóla. Orkustofnun, greinargerð, HeTo-GIH-84/01, 9 s.
- Hlynur Sigtryggsson 1970: Preliminary report on the result of meteorological observations on Surtsey 1968. Surt. Res. Progr. Rep. V: 119-120.
- Jón Benjamínsson 1981: Tephra layer "a". Í Tephra Studies. Proceedings of the NATO Advanced Study Institute "Tephra Studies as a Tool in Quaternary Research" held in Laugarvatn and Reykjavík, Iceland, June 18-29, 1980." D. Reidel Publishing Company: 331-337. Dordrecht, Hollandi.
- Jón Benjamínsson 1984: Jarðhitasvæðið Urriðavatni. Leyndardómar holu 1. Orkustofnun, OS84113/JHD-49 B, 24 s.
- Jón Benjamínsson 1985: Jarðhitasvæðið Urriðavatni. Ferlunarprófanir 1983. Orkustofnun, OS85011/JHD-03, 24 s.

- Jón Benjamínsson & Gestur Gíslason 1982: Urriðavatn, Fellahreppi. Hitamælingar í botnleðju og efnagreiningar á vatnssýnum. Orkustofnun OS82055/JHD09 B, 28 s.
- Jón Torfi Jónasson 1968: Grunnhitamælingar við Reykjanesvita sumarið 1968. Orkustofnun, jarðhitadeild, 9 s.
- Kristján Sæmundsson og Björgvin Guðmundsson 1975: Hitamælingar í jarðvegi í Reykholti, Borgarfirði. Orkustofnun, OSJHD 7512, 4 s.
- Kristján Sæmundsson, Rúnar Sigfússon, Valgarður Stefánsson, Stefán Arnórsson 1976: Skýrsla um jarðhitarannsóknir við Bæ og Efrahrepp í Andakílshreppi vegna hitaveitu til Borgarness. Orkustofnun, OSJHD 7606, 18 s.
- Kristján Sæmundsson, Guðmundur Ingi Haraldsson og María Jóna Gunnarsdóttir 1984: Jarðhitarannsóknir og athugun á hagkvæmni hitaveitu fyrir Bæjapörp og Núpa í Ölfusi. Orkustofnun, OS84056/JHD-16 B, 13 s.
- Lindqvist, J.G. 1984: Heat flow density measurements in the sediments of three lakes in northern Sweden. Tectonophysics, 103: 121-140.
- Ólafur G. Flóvenz 1980a: Reykir í Fnjóskadal. Jarðeðlisfræðileg forathugun jarðhitasvæðisins. Áfangaskýrsla nr. 1. Orkustofnun, OS80009/JHD05, 56 s.
- Ólafur G. Flóvenz 1980b: Grýta í Öngulsstaðahreppi: Hitamælingar í jarðvegi. Orkustofnun, greinargerð ÓGF-80/01, 2 s.
- Ólafur G. Flóvenz 1981: Kristnes - Reykhús. Úttekt á hálftrar aldar árangurslítilli jarðhitaleit. Orkustofnun, OS81026/JHD015, 55 s.
- Sigmundur Einarsson, Margrét Kjartansdóttir, Brynjólfur Eyjólfsson og Ólafur G. Flóvenz 1983: Jarðhitasvæðið í Urriðavatni. Jarðfræði- og jarðeðlisfræðirannsóknir 1978-1982. Orkustofnun, OS83005/JHD-03, 83 s.
- Sveinn P. Jakobsson 1972: On the consolidation and palagonization of the tephra of the Surtsey volcanic island, Iceland. Surts. Res. Progr. Rep. VI (1972, s 1-8).
- Sveinn P. Jakobsson 1978: Environmental factors controlling the palagonitization of the Surtsey tephra, Iceland. Bull. Geol. Soc. Denmark 27, special issue: 91-105.

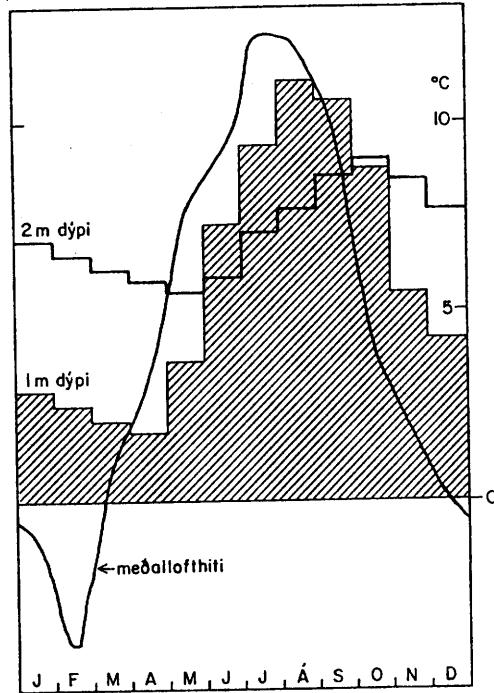
Veðurstofa Íslands 1931: Veðráttan 1931. Mánaðarrit Veðurstofunnar árið 1931, 56 s.

Weast, R.C. ed. 1970-1971: Handbook of chemistry and physics, 51st edition. Ohio, The Chemical Rubber Co., 2392 s.

Ævar Jóhannesson 1972: Report on geothermal observations on the island of Surtsey. Surts. Res. Progr. Rep. VI: 129-136.

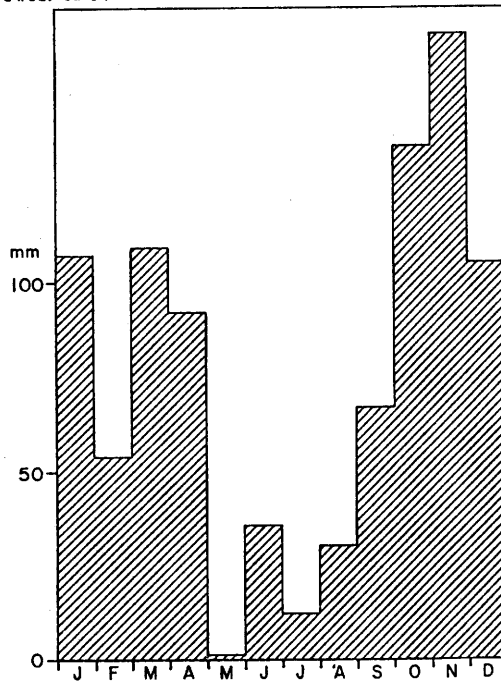
Ævar Jóhannesson 1978: The thermal anomaly in Surtsey revisited. Surts. Res. Progr. Rep. VIII: 63-68.

JHD-JEF-III JBen
84.02.-0276-IS

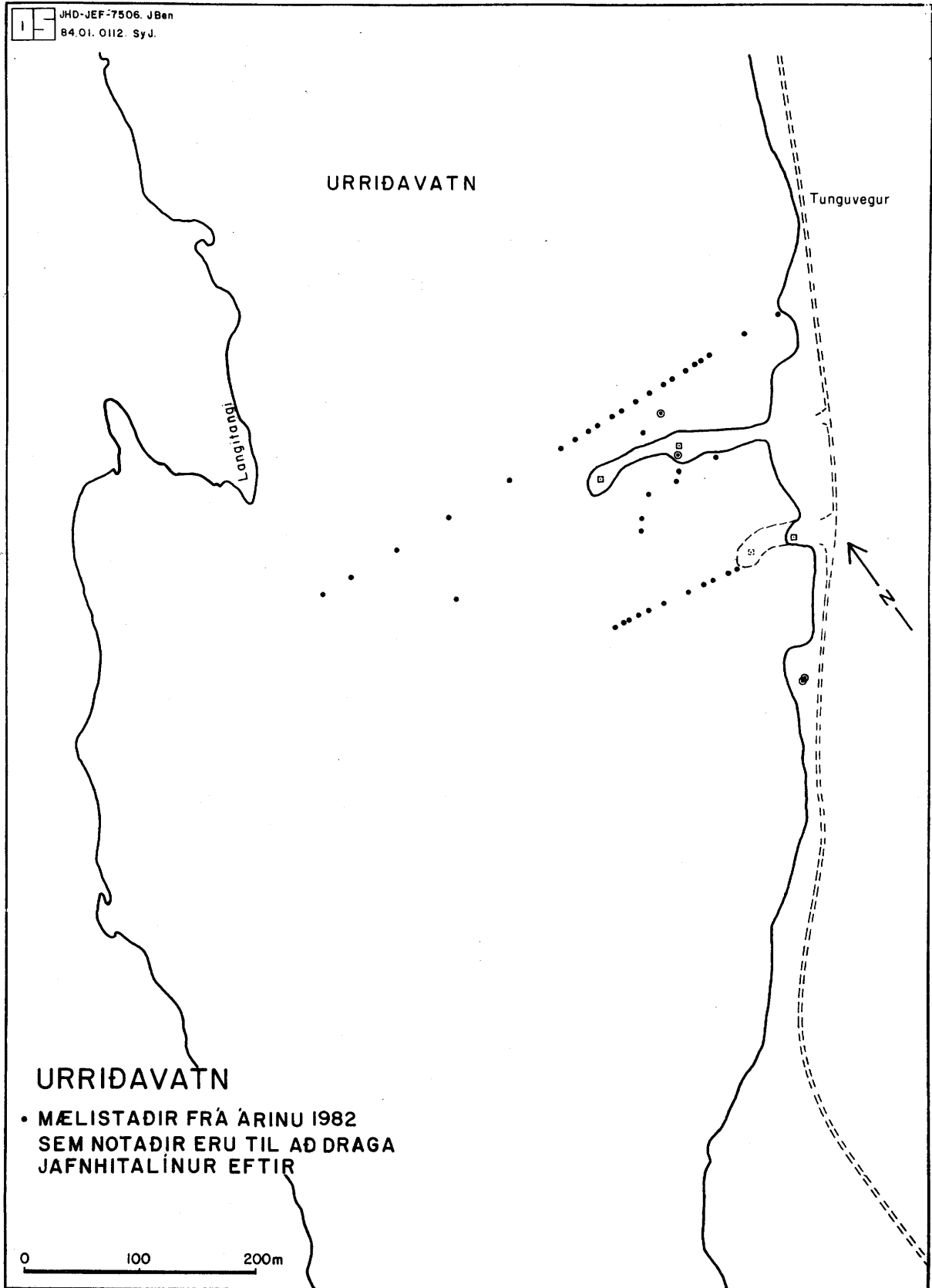


Mynd 1 Meðalhitastig hvers mánaðar á 1 m og 2ja m jarðvegisdýpi við Rafstöðina í Reykjavík árið 1931 ásamt lofthitastigi í 2ja m hæð.

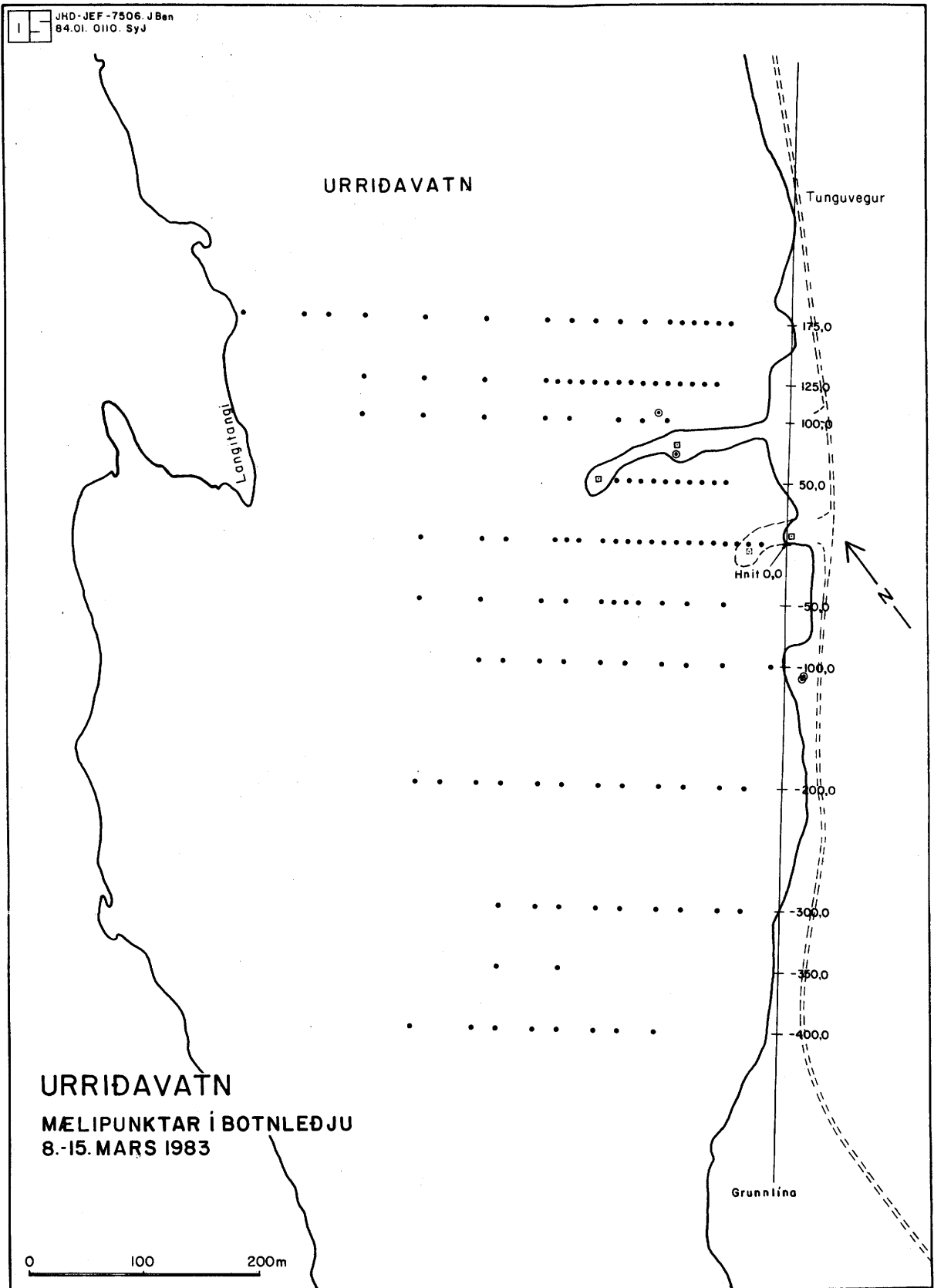
JHD-JEF-7506 JBen
84.02.-0275-IS



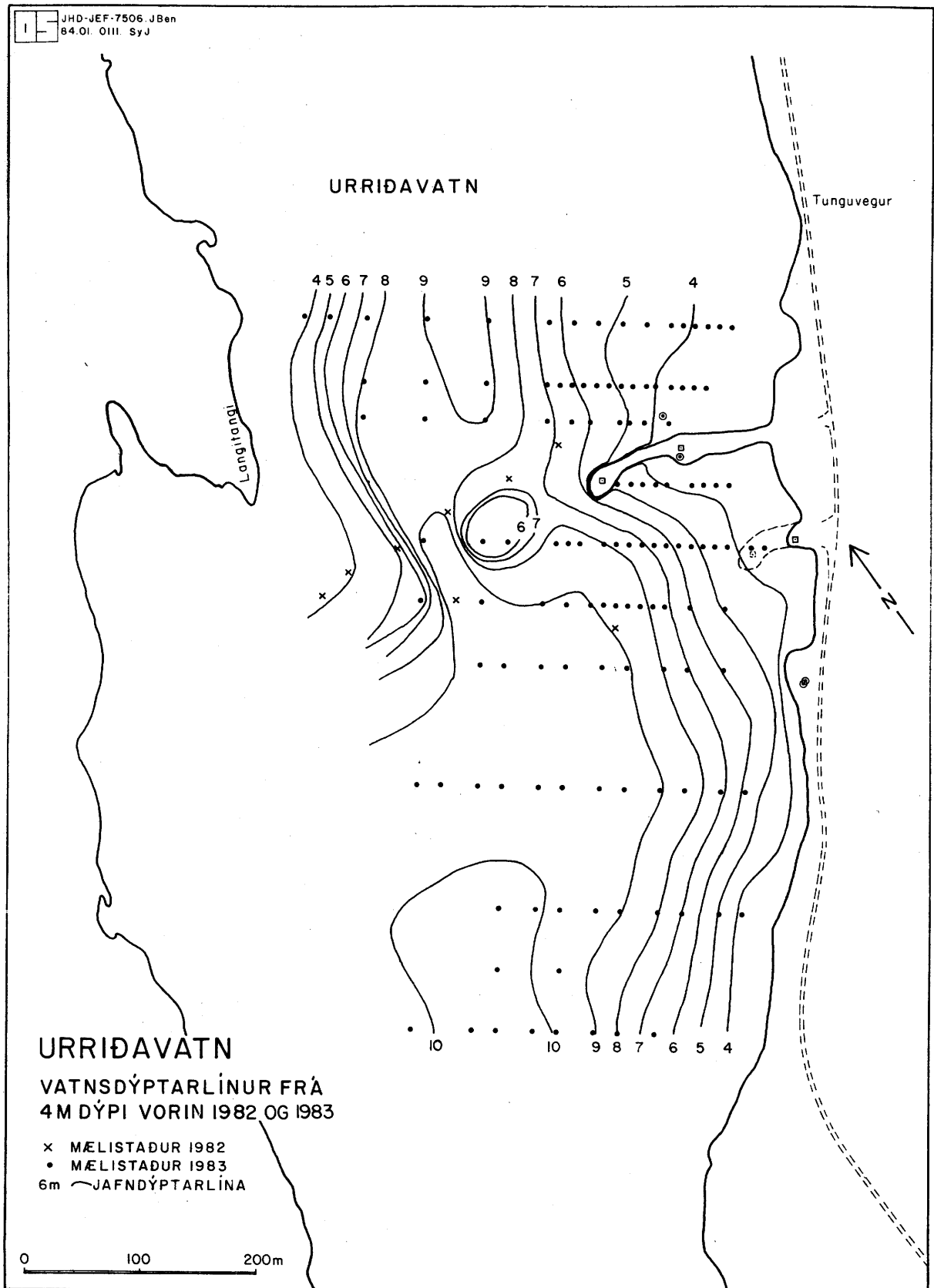
Mynd 2 Meðalúrcoma hvers mánaðar árið 1931 við Rafstöðina í Reykjavík.



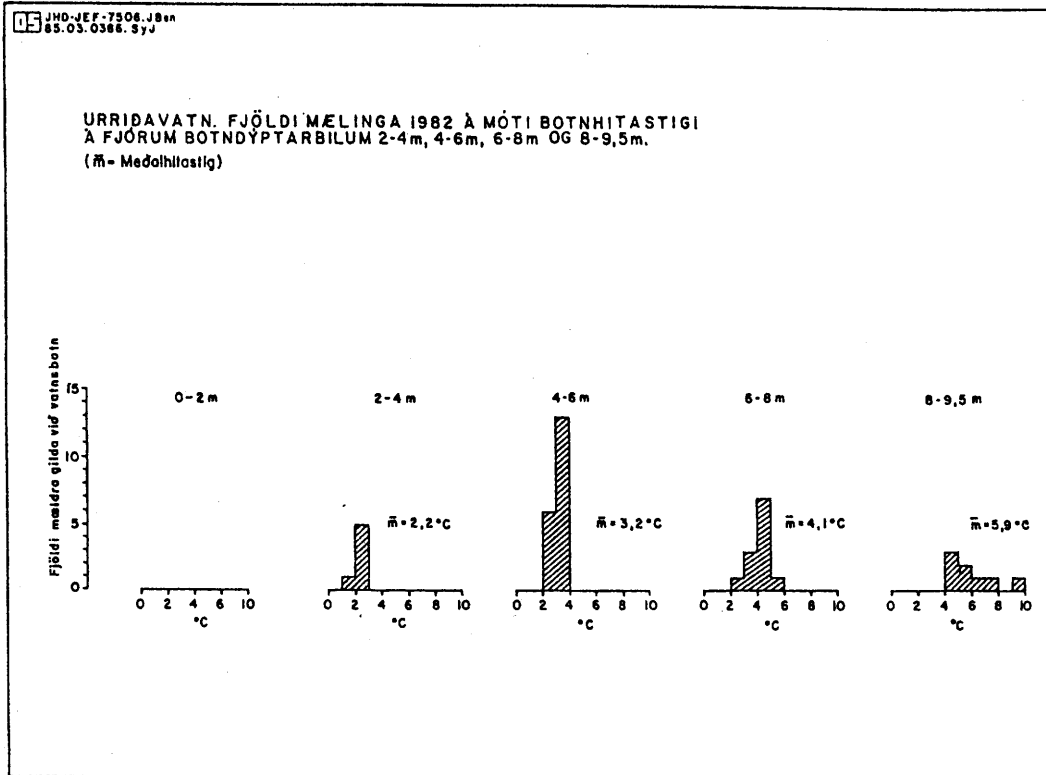
Mynd 3 Urriðavatn. Mælistaðir frá árinu 1982 sem notaðir eru til að draga jafnhitalínur eftir.



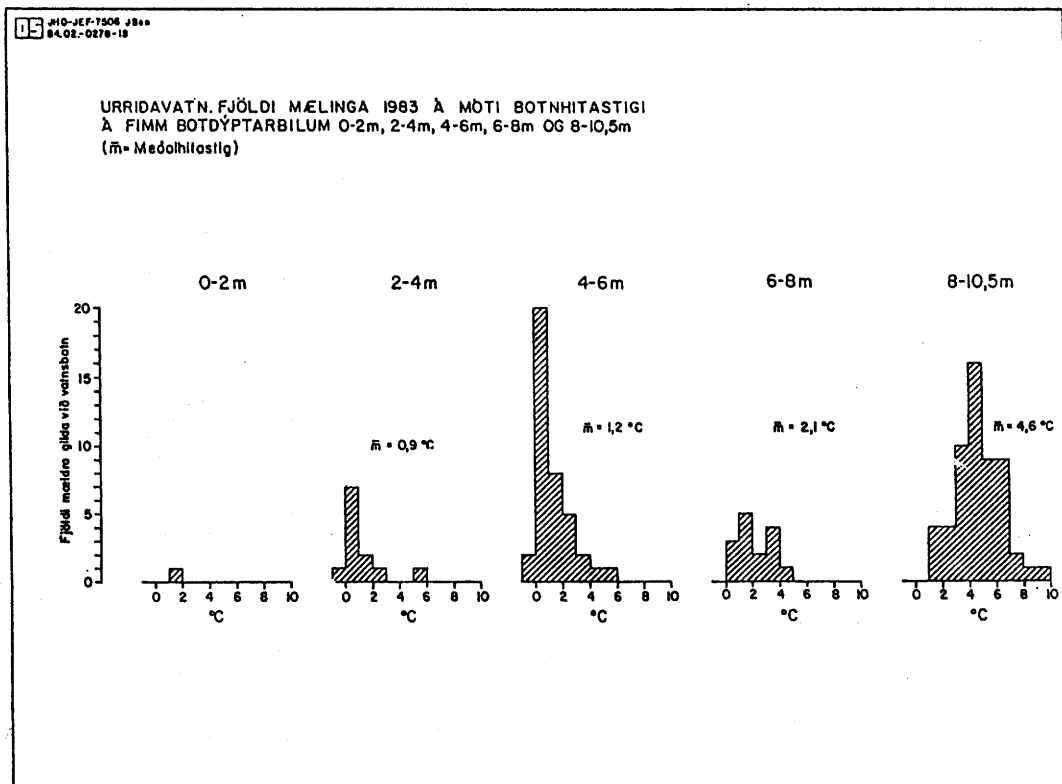
Mynd 4 Urriðavatn. Mælipunktur í botnleðju 8.-15. mars 1983.



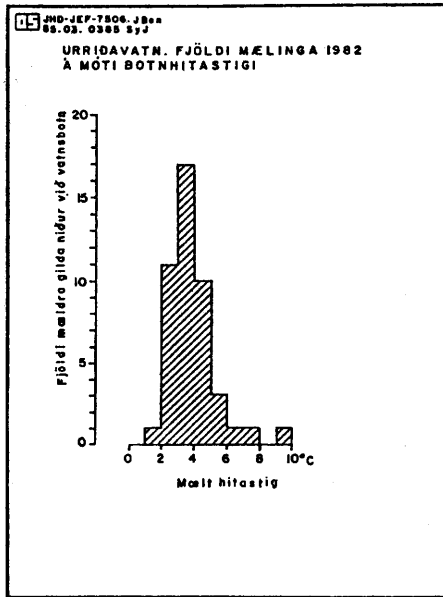
Mynd 5 Urriðavatn. Vatnsdýptarlínur frá 4 m dýpi vorin 1982 og 1983.



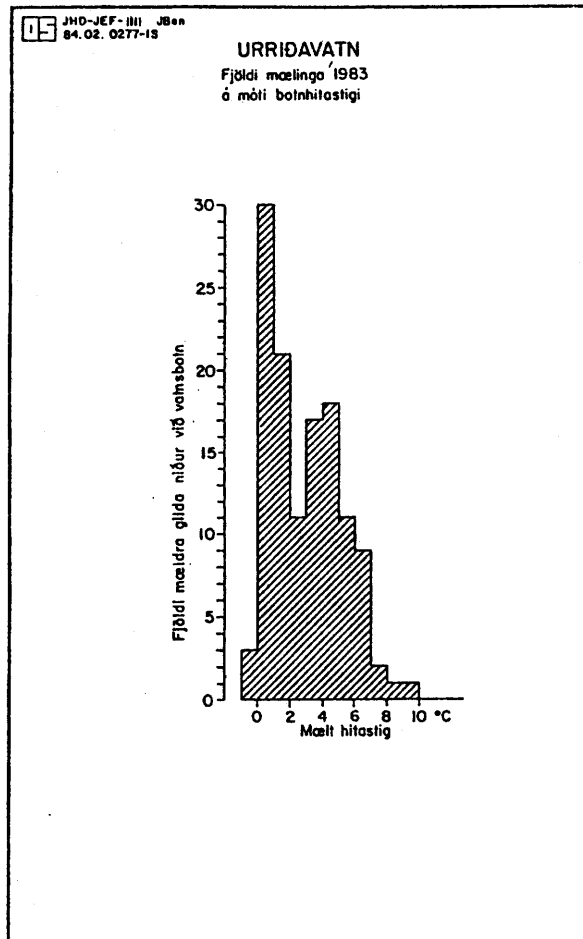
Mynd 6 Urriðavatn. Fjöldi mælinga 1982 á móti botnhitastigi á fjórum botndýptarbilum, 2-4 m, 4-6 m, 6-8 m og 8-9,5 m.



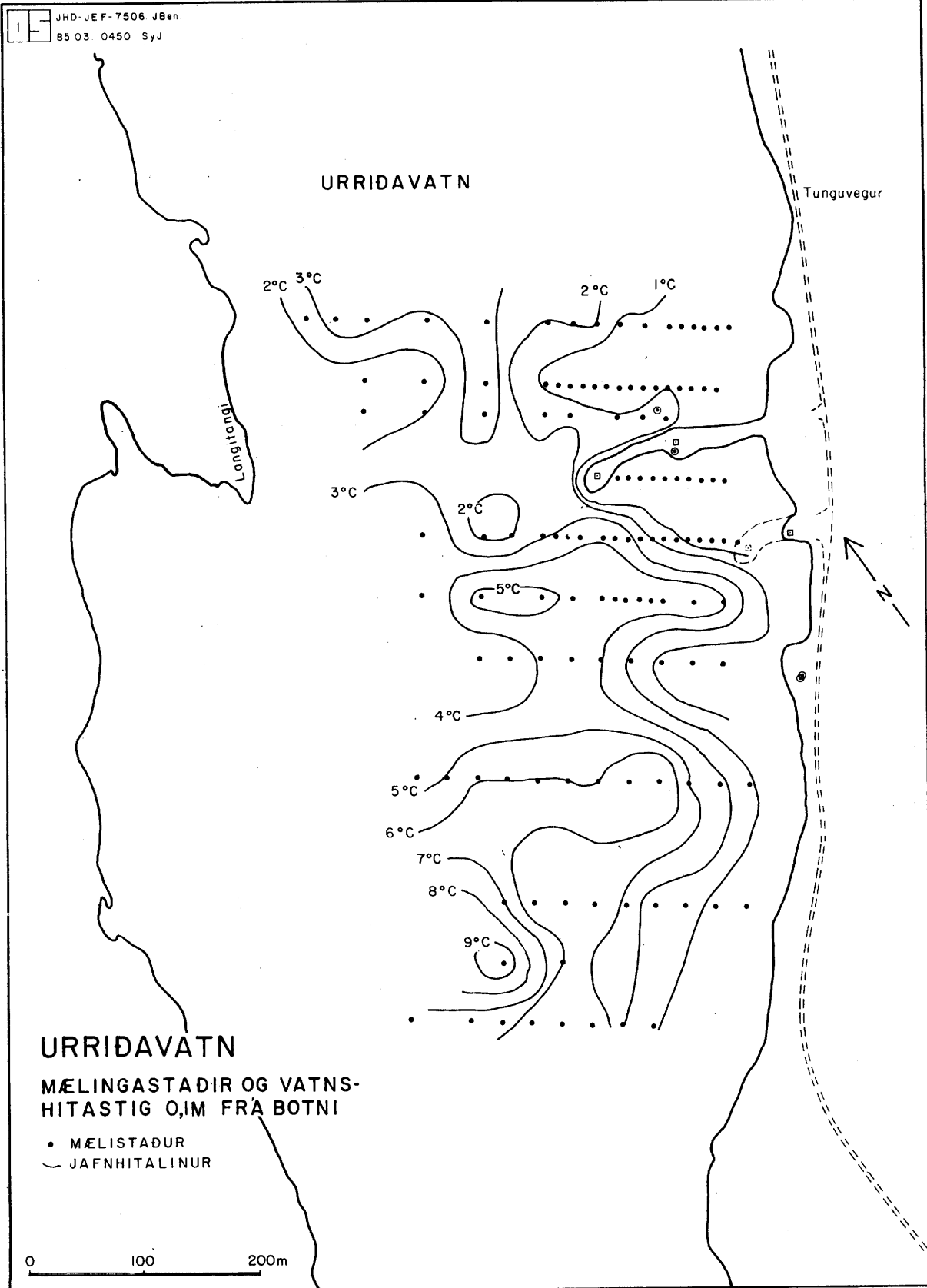
Mynd 7 Urriðavatn. Fjöldi mælinga 1983 á móti botnhitastigi á fimm botndýptarbilum, 0-2 m, 2-4 m, 4-6 m, 6-8 m og 8-10,5 m.



Mynd 8 Urriðavatn. Fjöldi mælinga 1982 á móti botnhitastigi.



Mynd 9 Urriðavatn. Fjöldi mælinga 1983 á móti botnhitastigi.

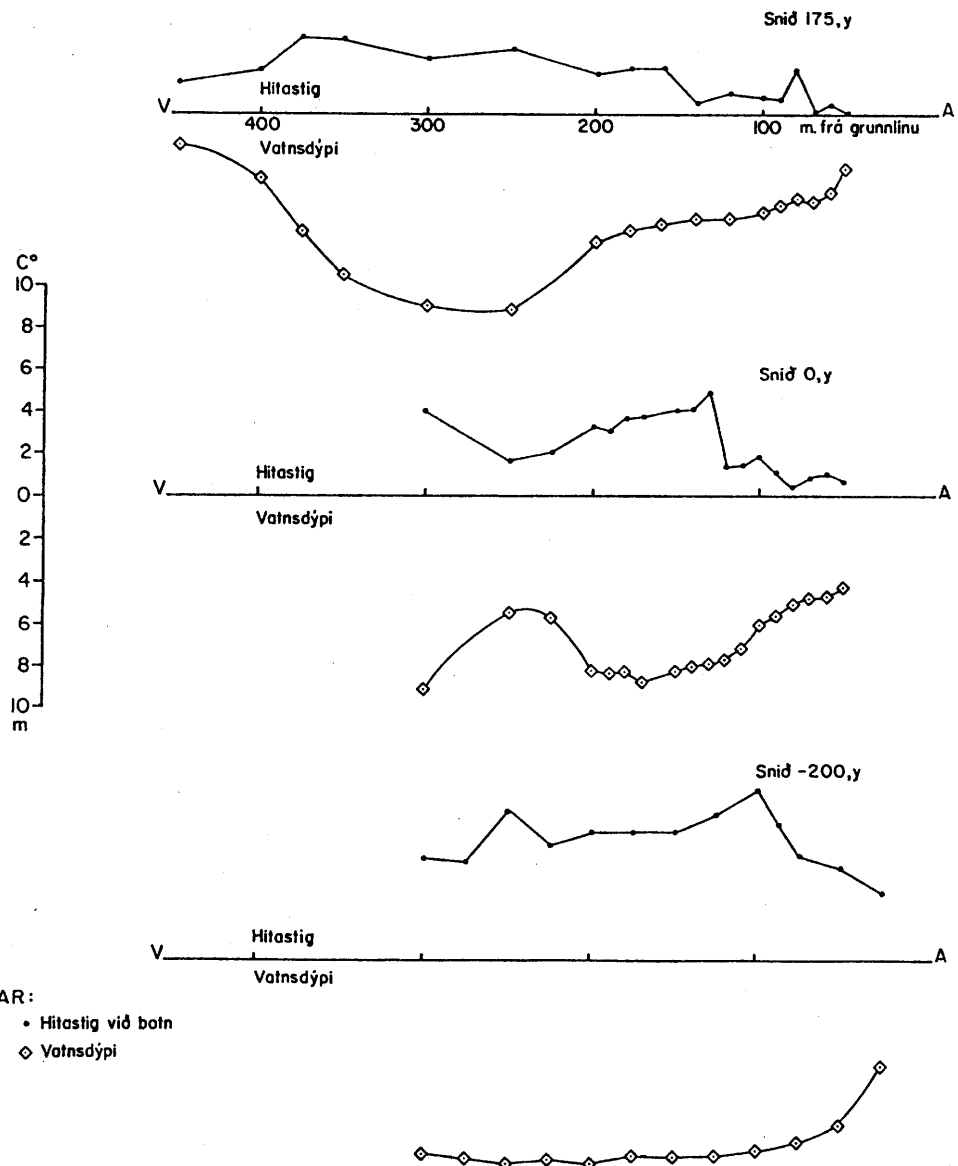


Mynd 10 Urriðavatn. Hitastig (1983) 10 sm frá botni.

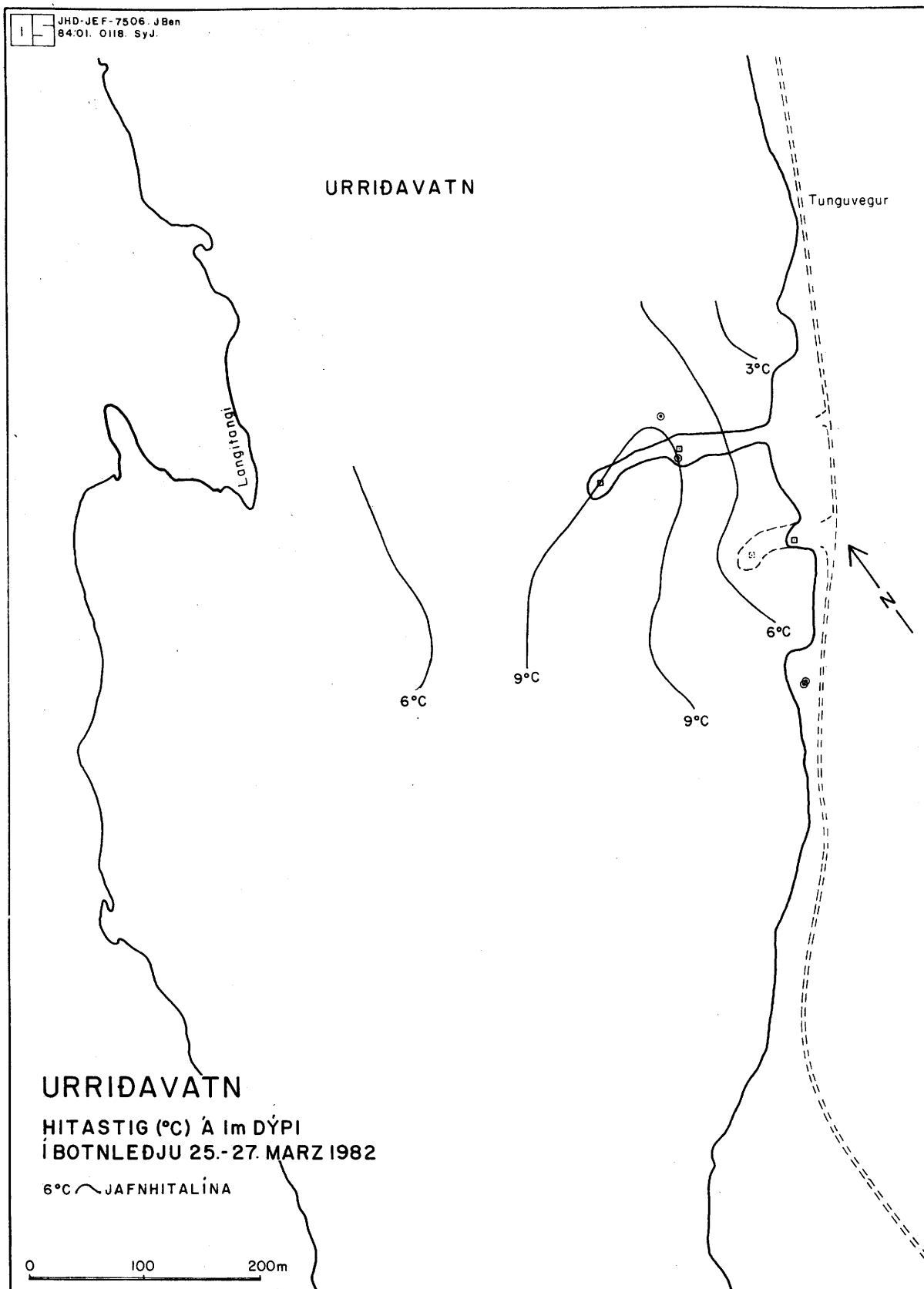
JHD-JEF-7506-J.BEN.
85.10-1216 JSH

URRIÐAVATN

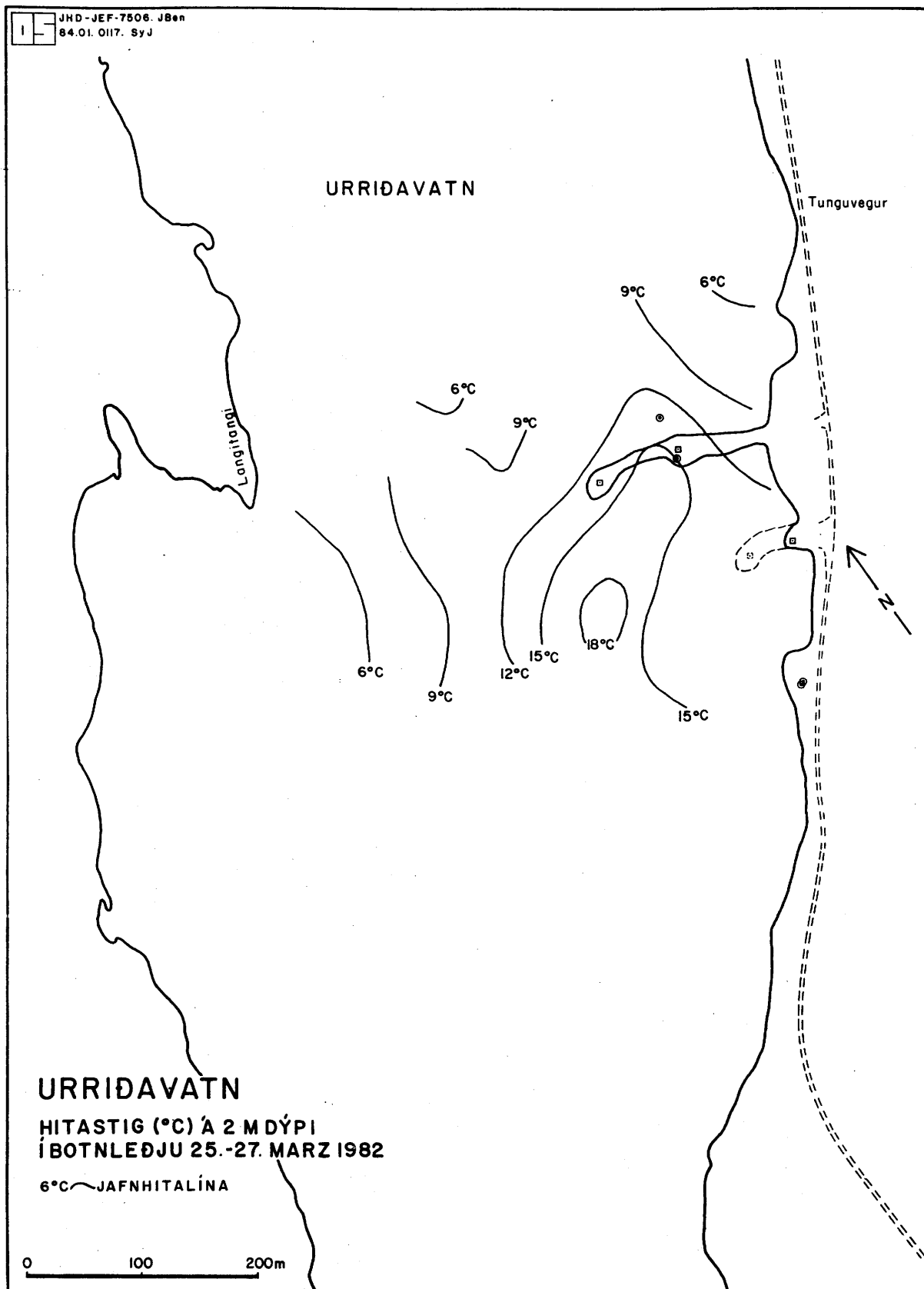
Snið af botnhitastigi og dýpi



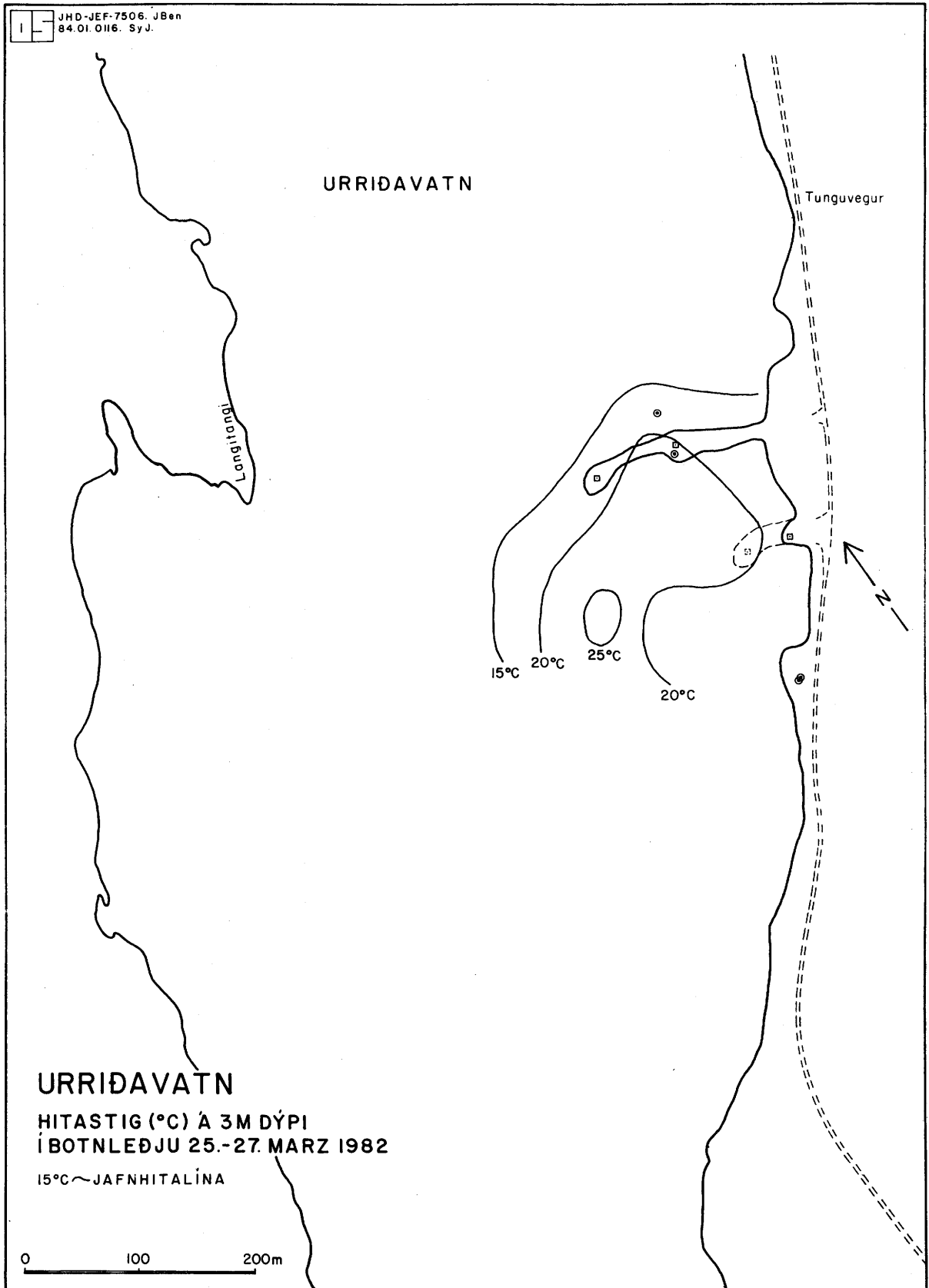
Mynd 11 Urriðavatn. Snið af botnhitastigi og dýpi.



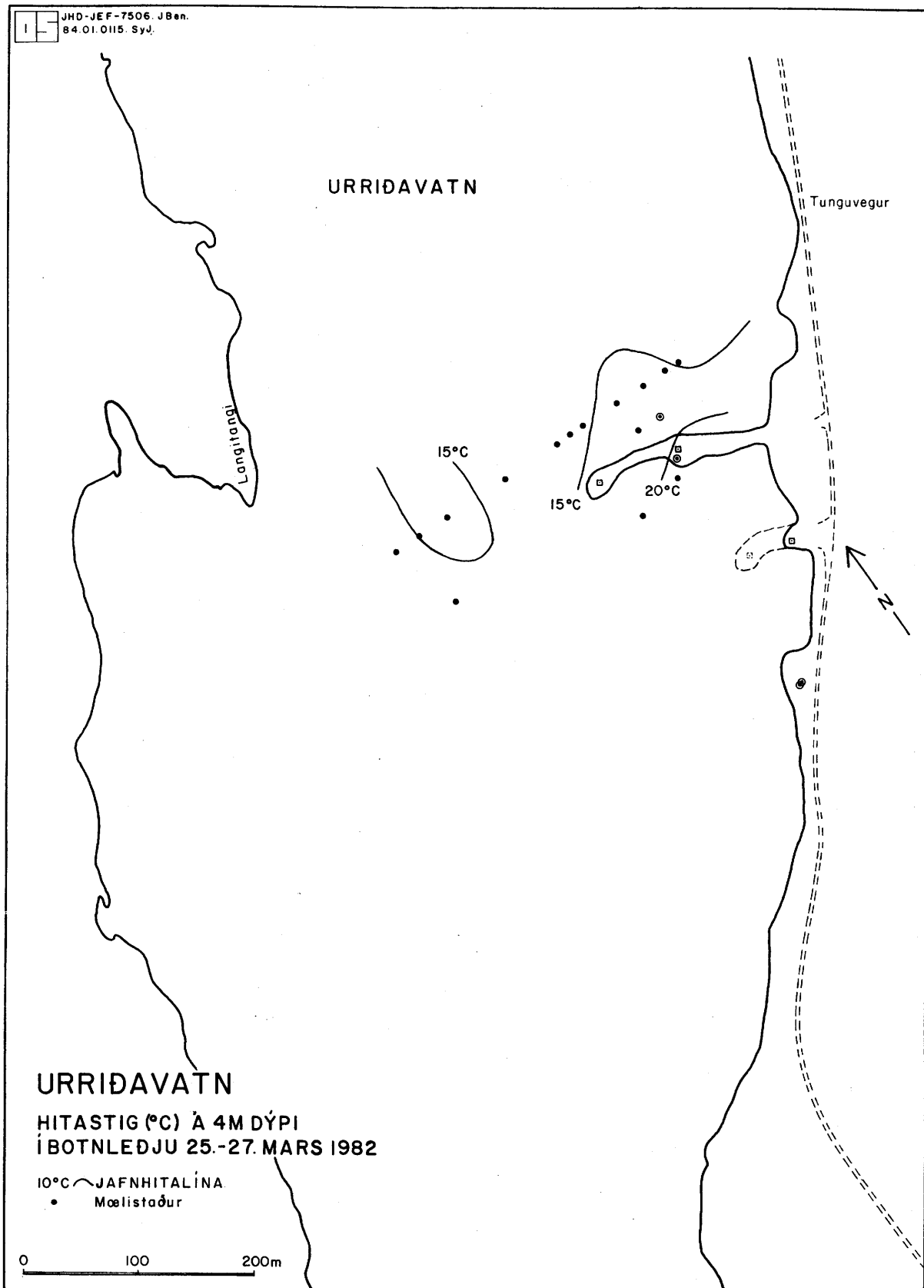
Mynd 12 Urriðavatn. Hitastig (°C) á 1 m dýpi í botnleðju 25.-27. mars 1982.



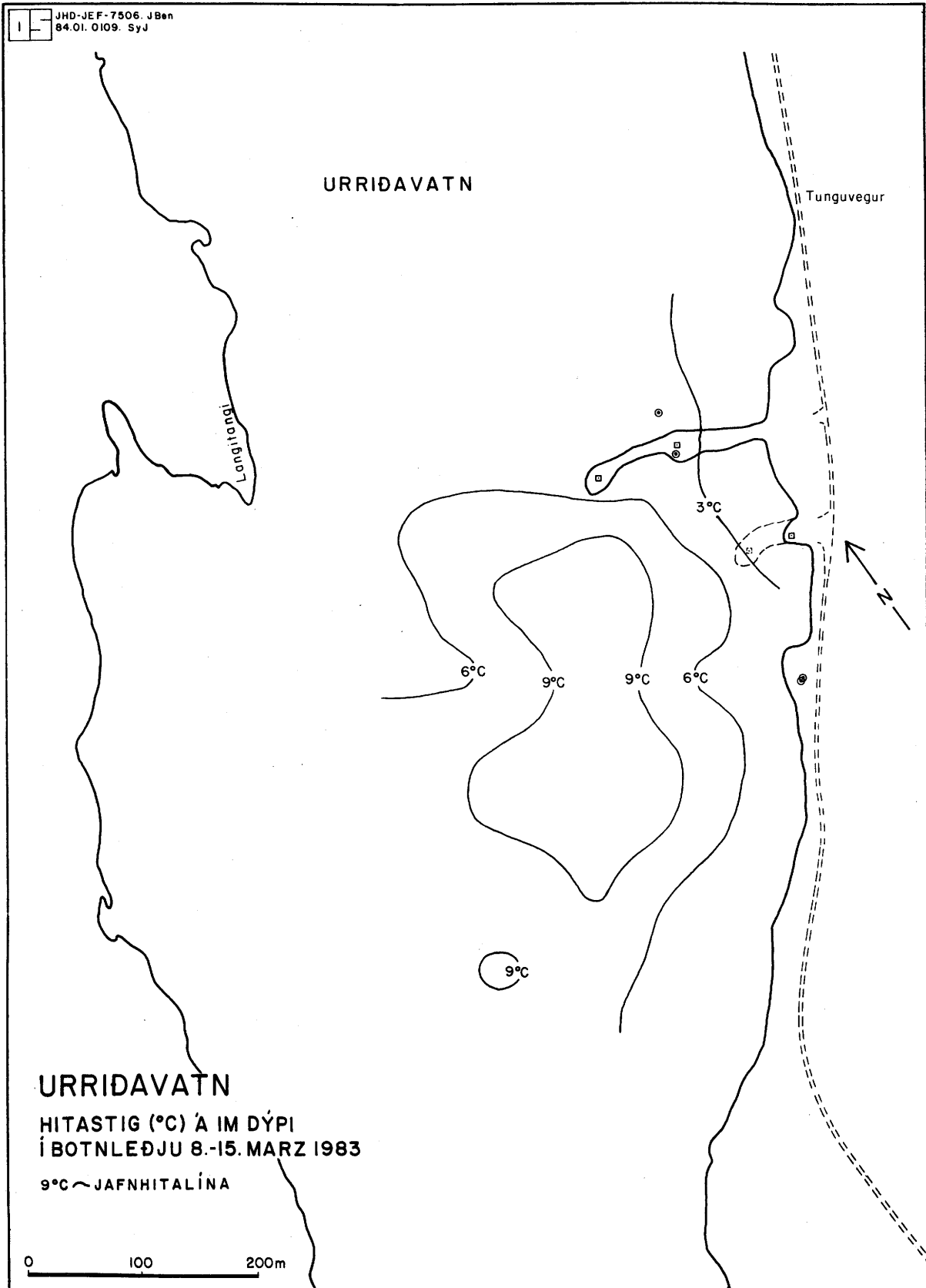
Mynd 13 Urriðavatn. Hitastig (°C) á 2 m dýpi í botnleðju 25.-27. mars 1982.



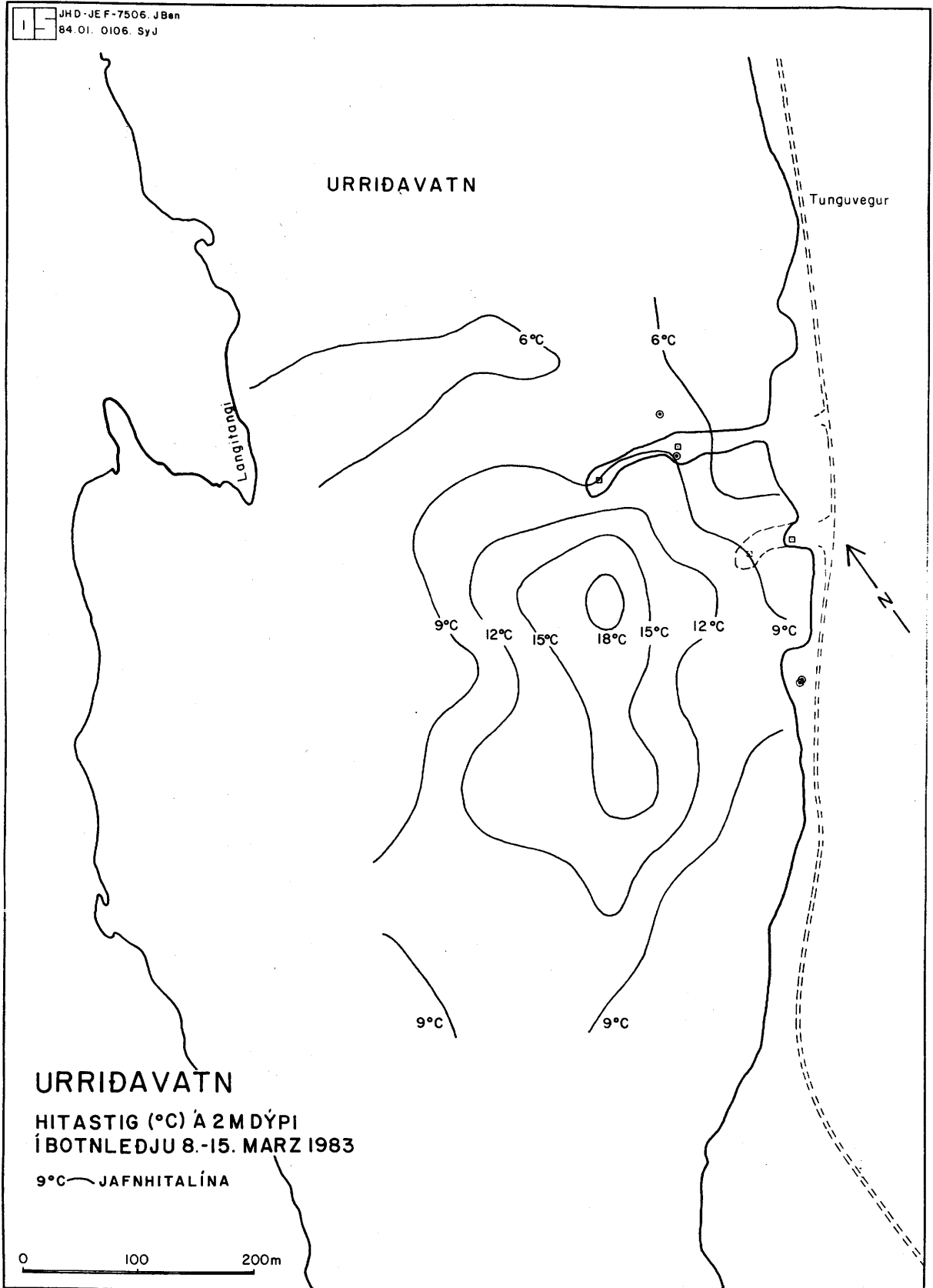
Mynd 14 Urridavatn. Hitastig (°C) á 3 m dýpi í botnleðju 25.-27. mars 1982.



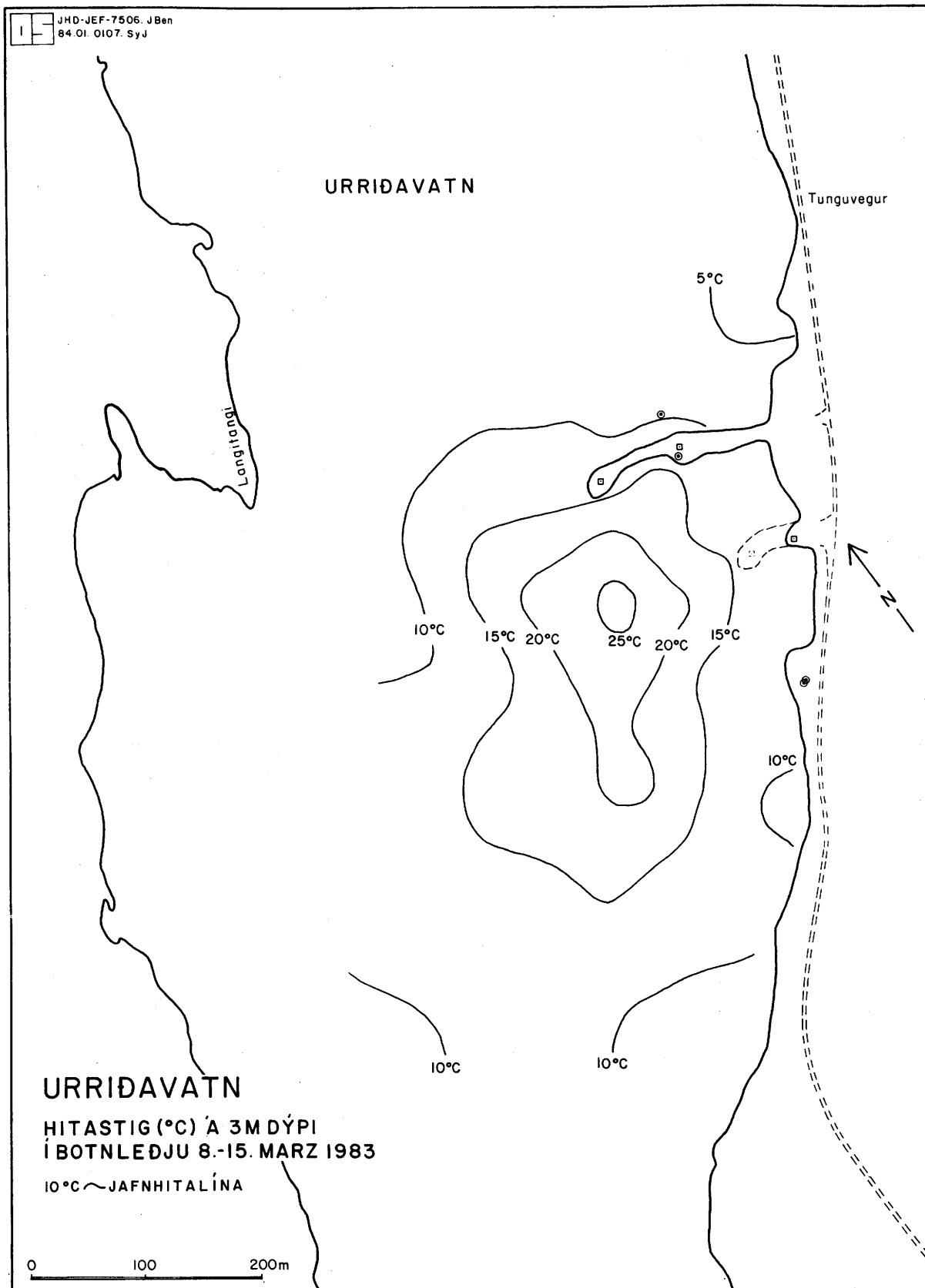
Mynd 15 Urriðavatn. Hitastig (°C) á 4 m dýpi í botnleðju 25.-27. mars 1982.



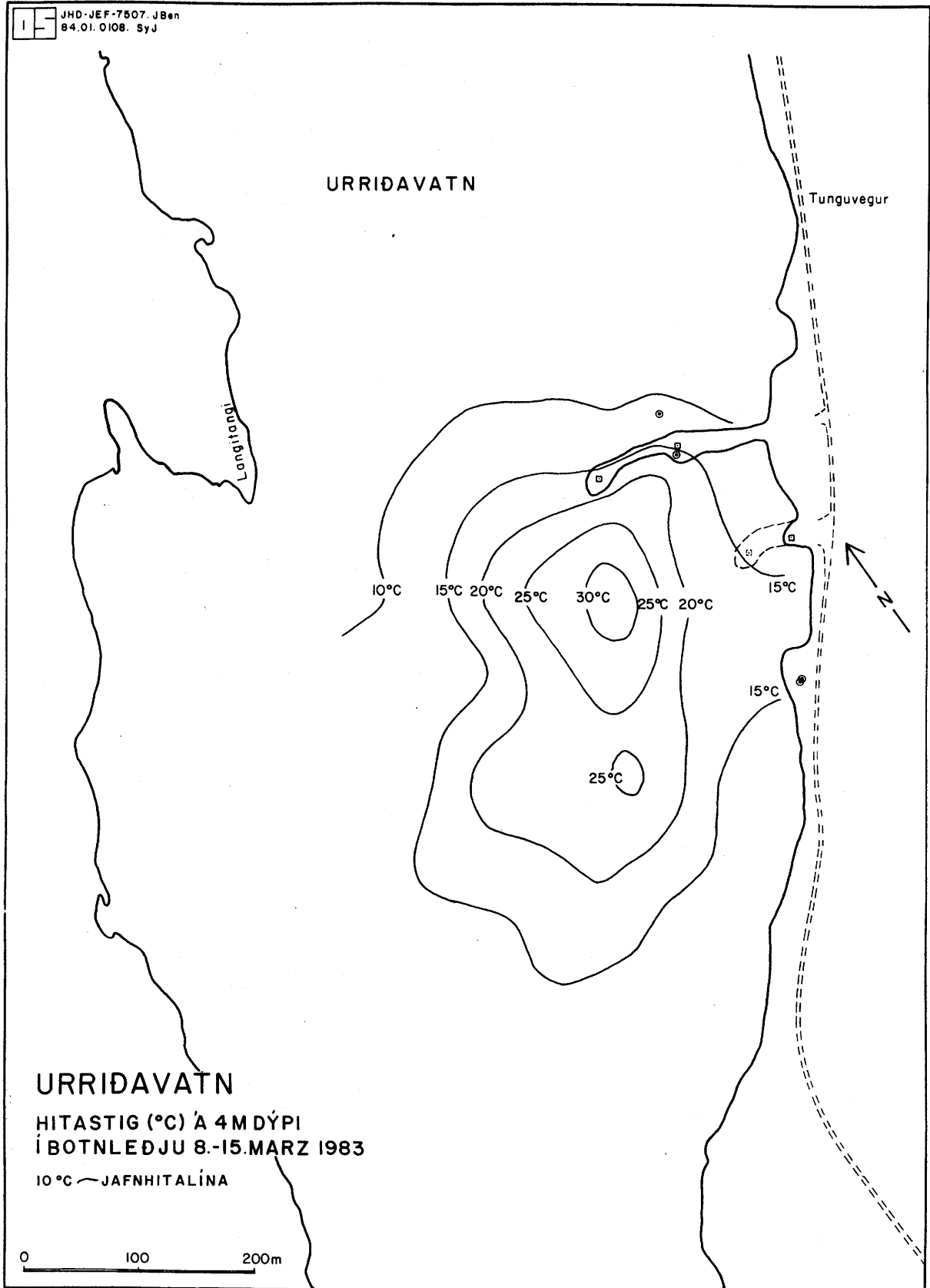
Mynd 16 Urriðavatn. Hitastig (°C) á 1 m dýpi í botnleðju 8.-15. mars 1983.



Mynd 17 Urriðavatn. Hitastig (°C) á 2 m dýpi í botnleðju 8.-15. mars 1983

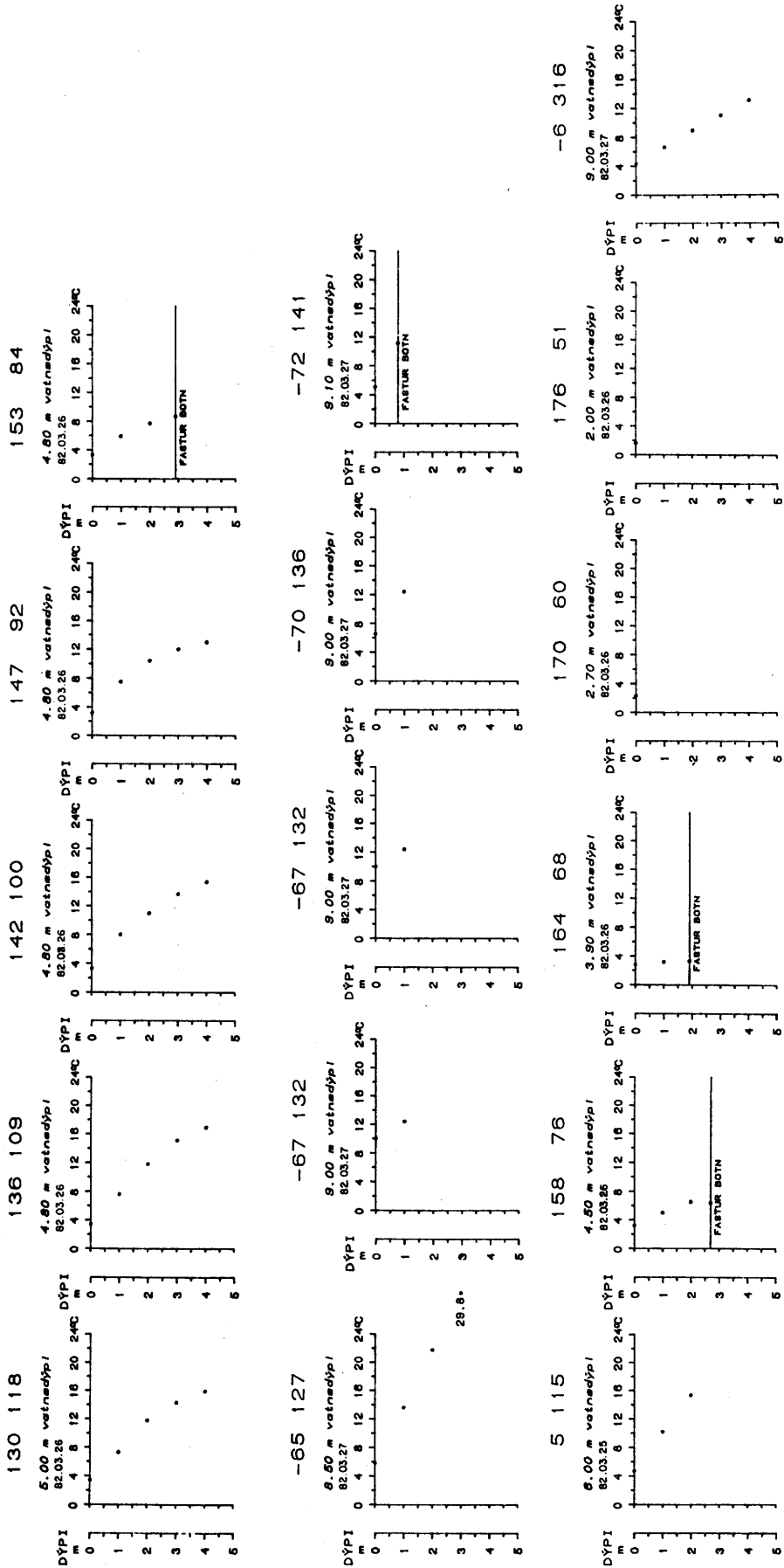


Mynd 18 Urríðavatn. Hitastig (°C) á 3 m dýpi í botnleðju 8.-15. mars 1983.



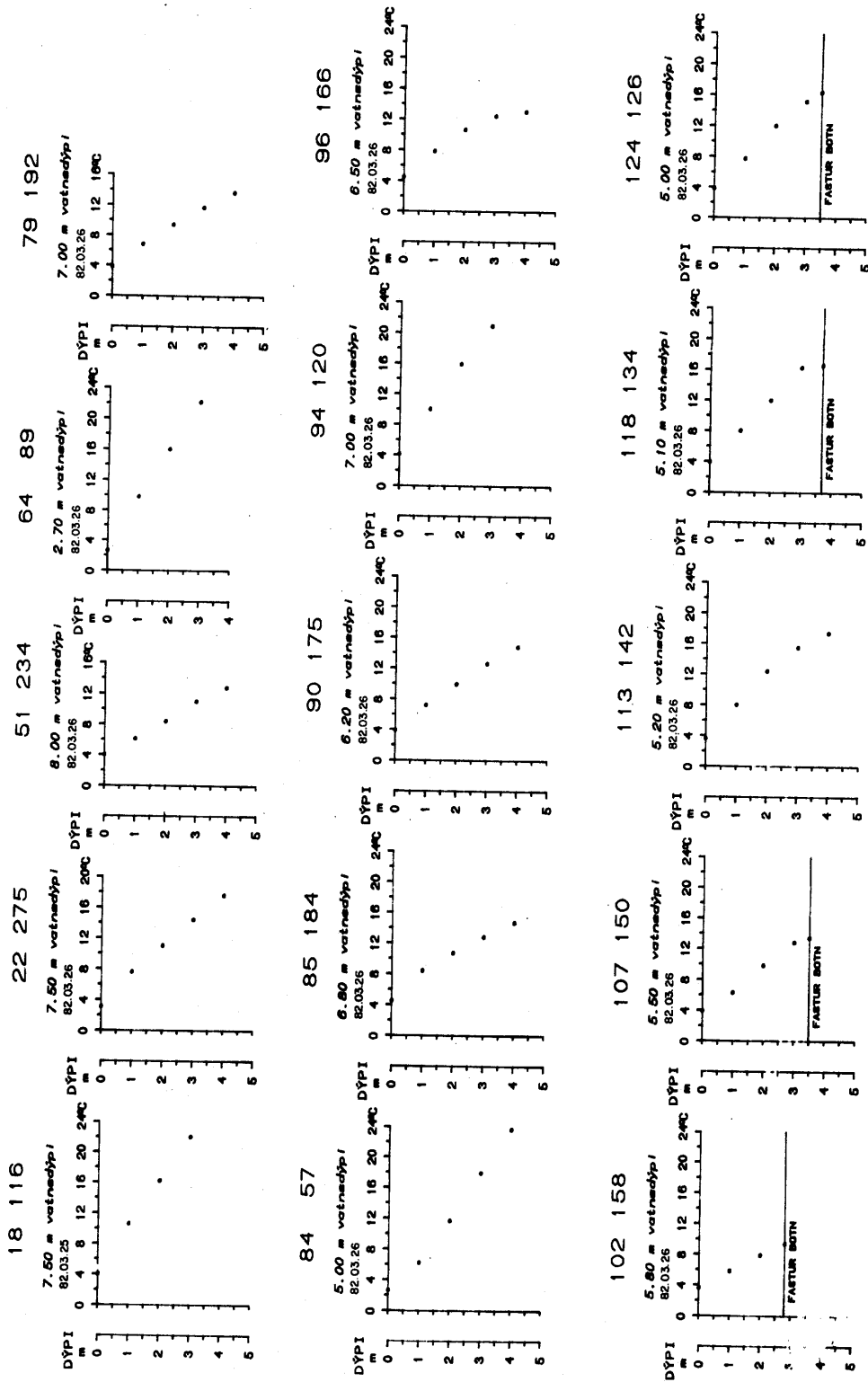
Mynd 19 Urríðavatn. Hitastig (°C) á 4 m dýpi í botnleðju 8.-15. mars 1983.

1 JHD:JEF:7506:J88
84-02-0240-T

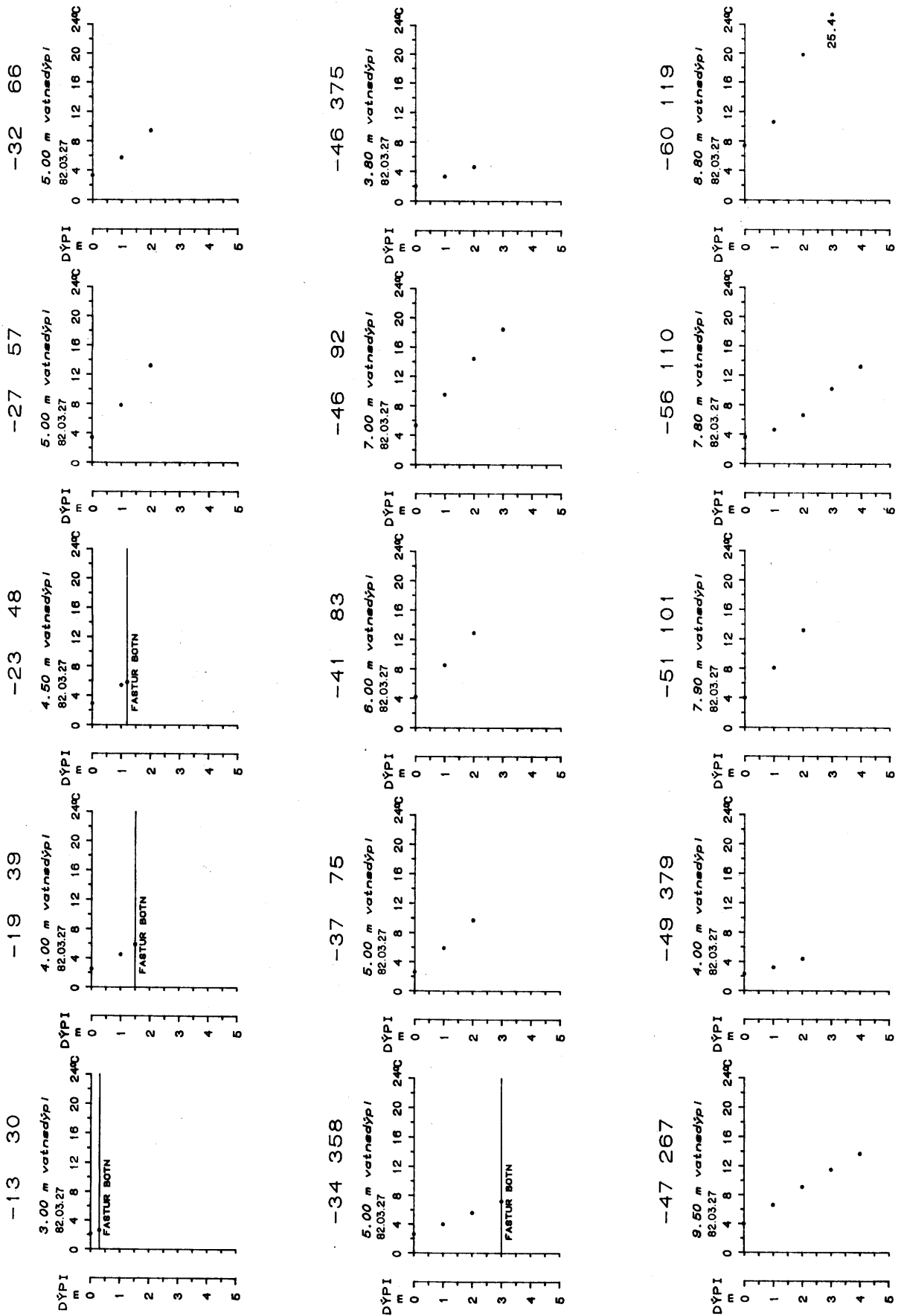


Mynd 20 Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1982.

JHD JEF 7506 J8en
84 02 0251 T

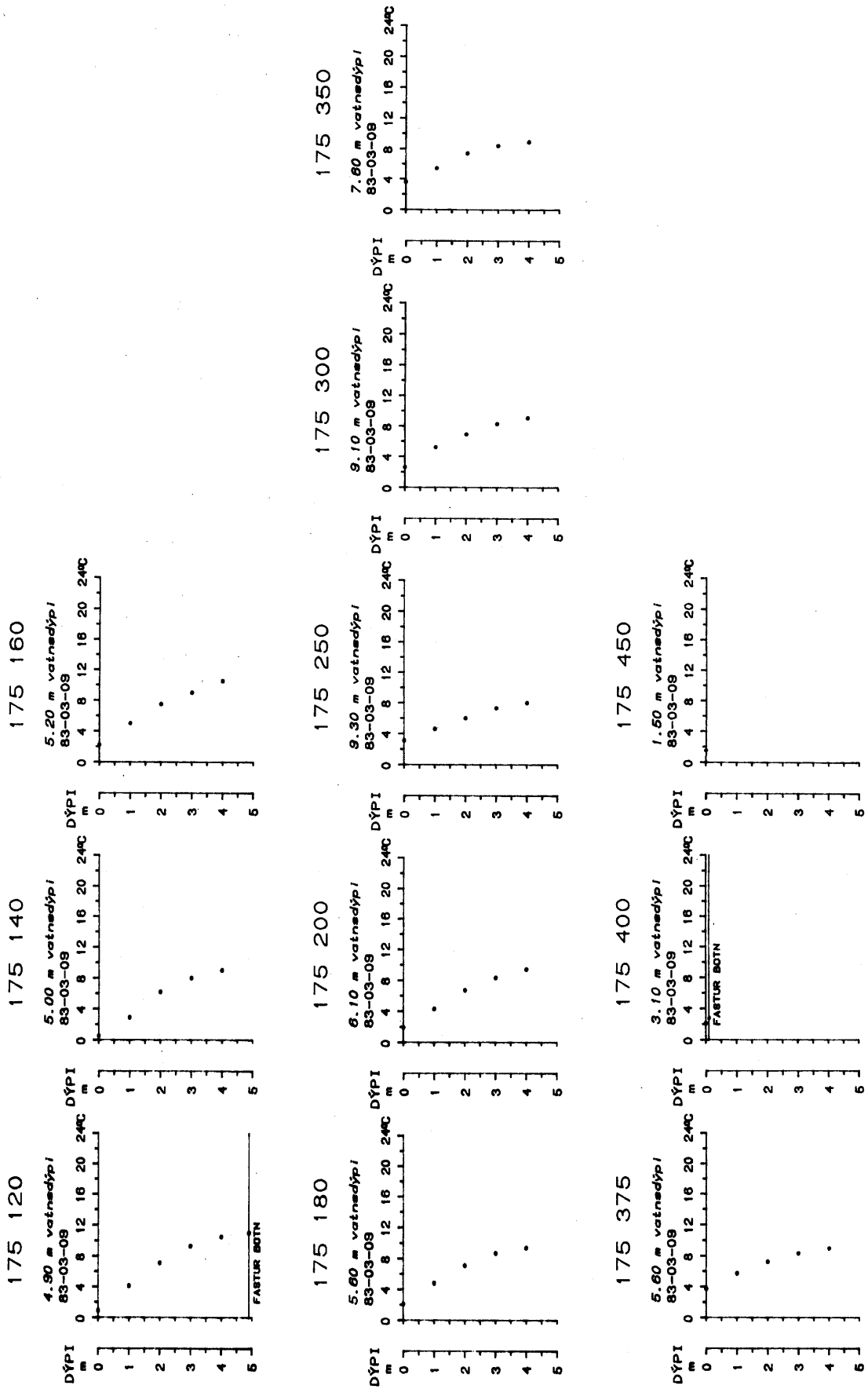


Mynd 21 Urriðavagn. Hitamælingar í botnleðju 1982.

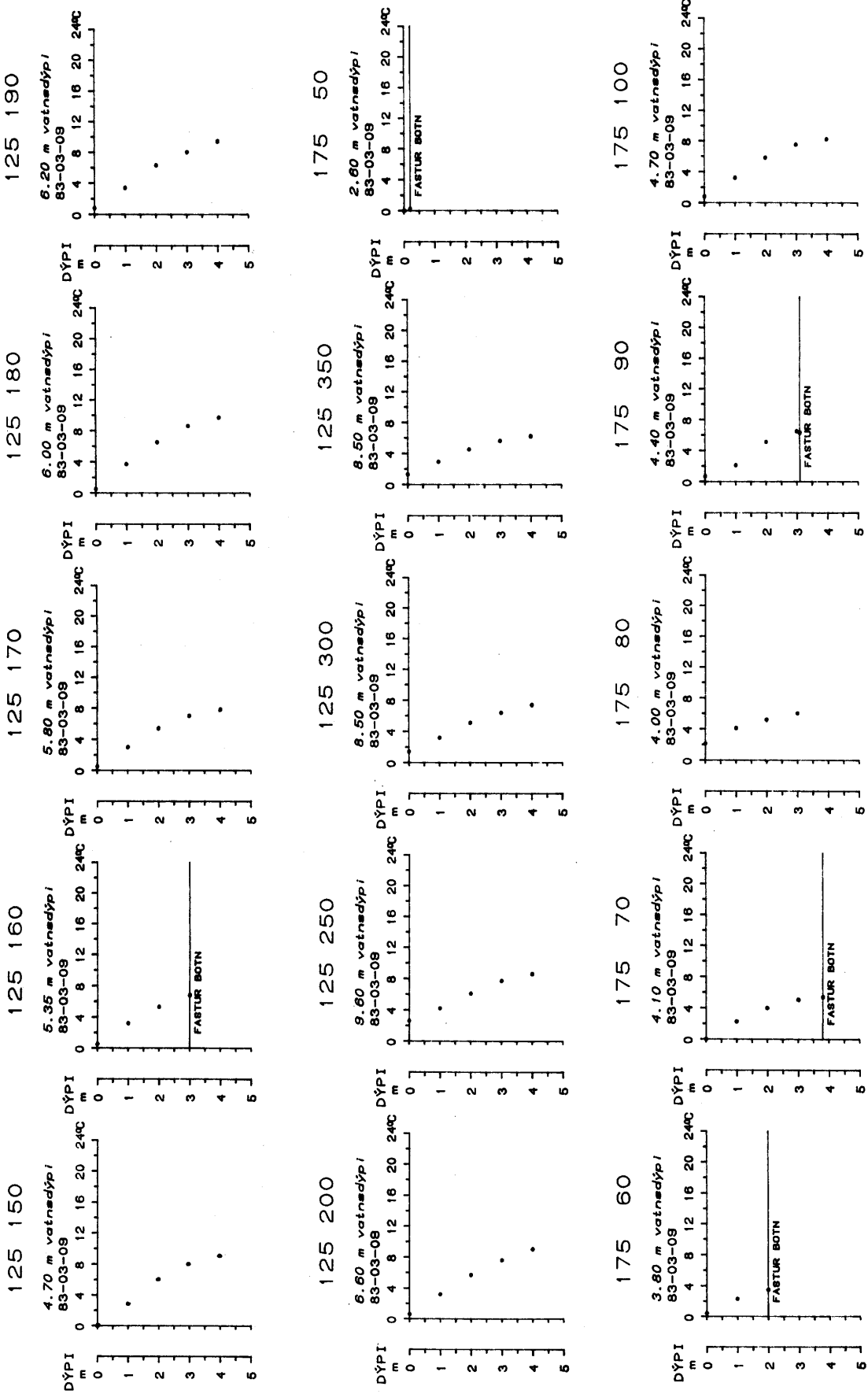


Mynd 22 Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1982.


 JHD-JEF-7506J8m
 84-02-0243-T

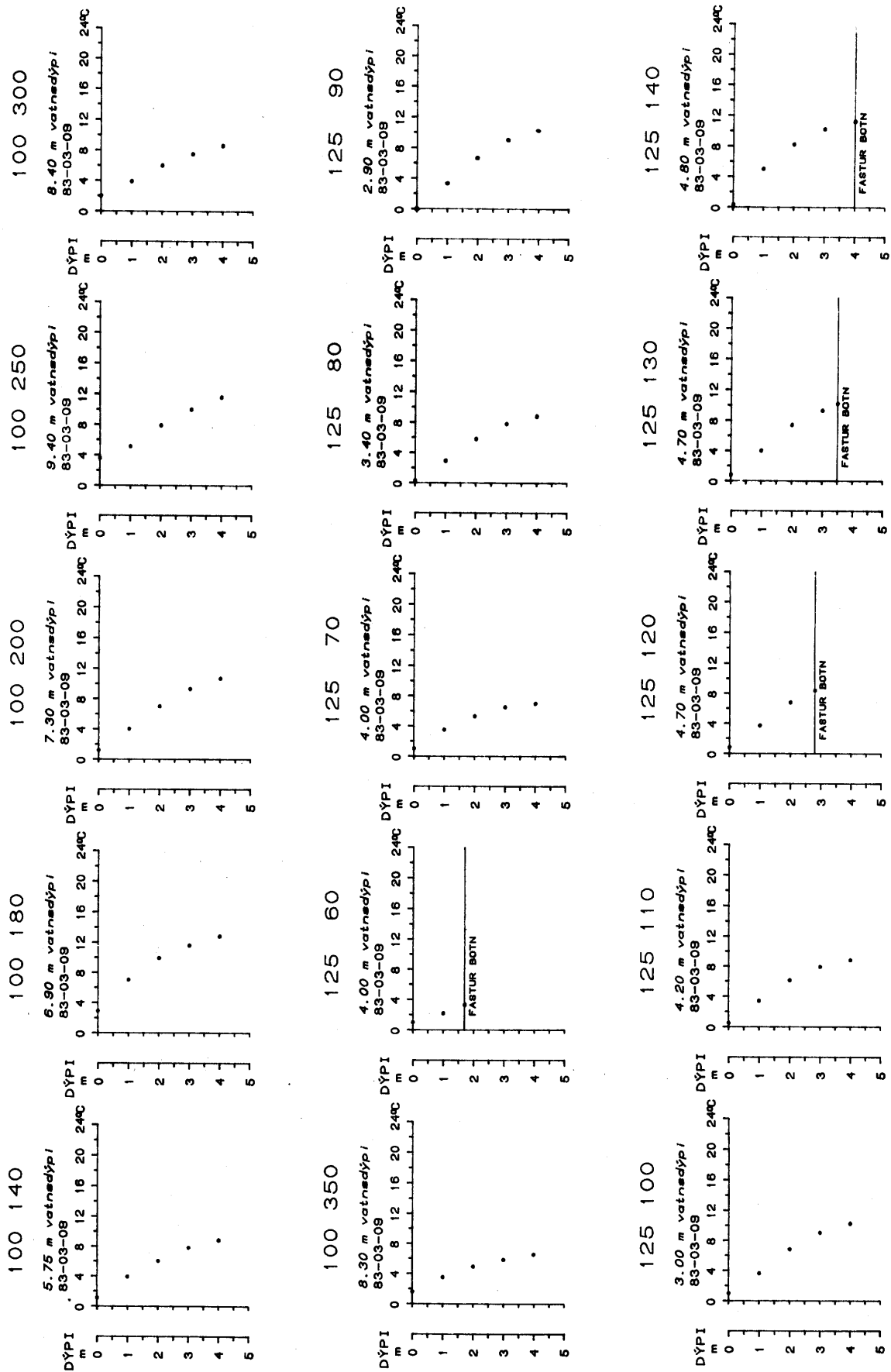


Mynd 23 Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983.



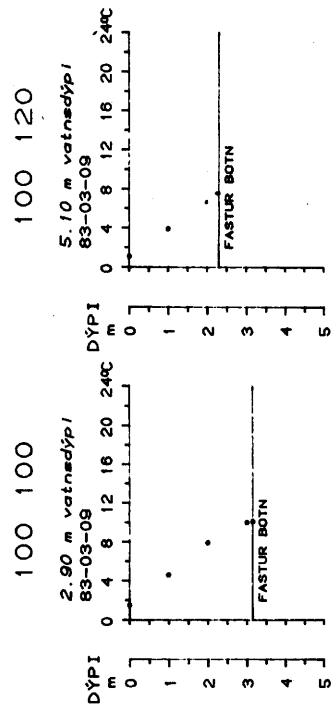
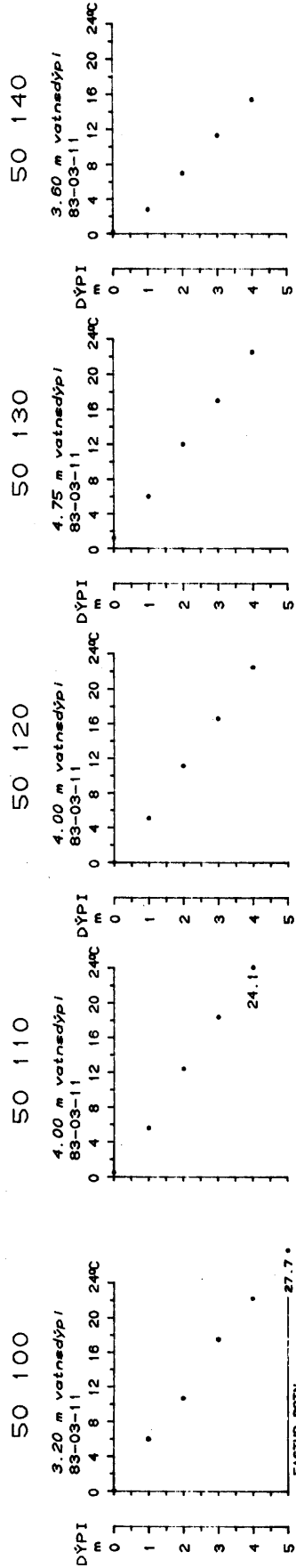
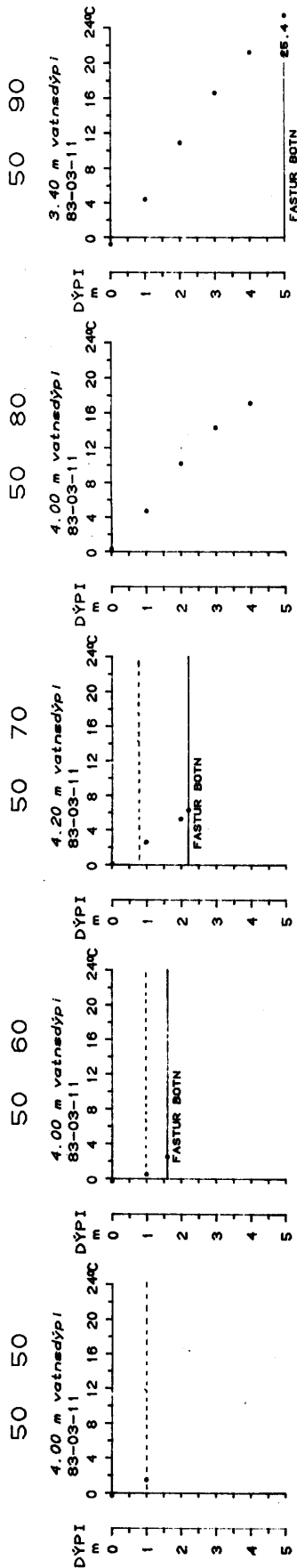
Mynd 24 Urriðavatr. Hitamælingar í botnleðju 1983.

JHD-JEF-7506vBen
84-02-0245-T



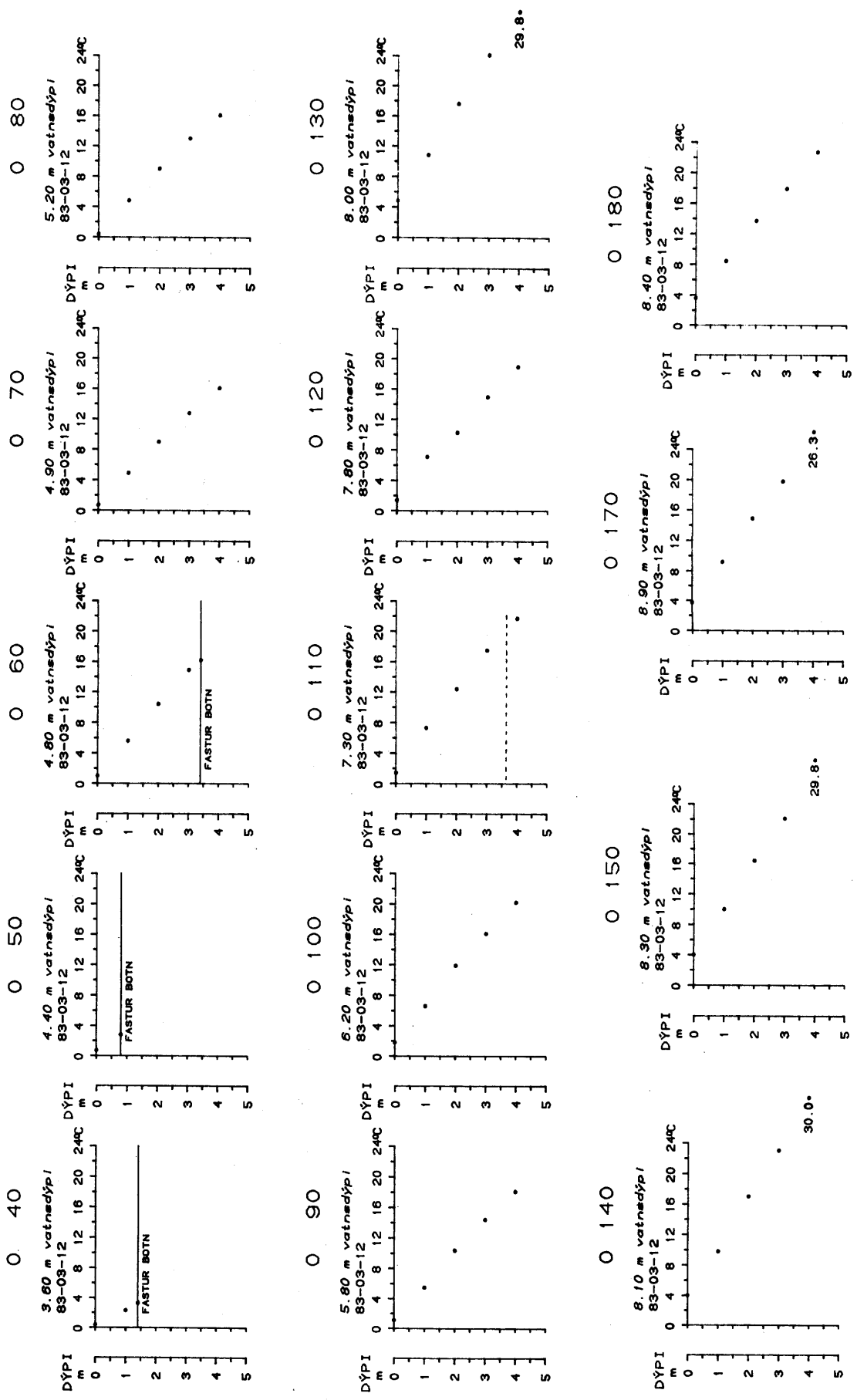
Mynd 25 Urriðavatr. Hitamælingar í botnleðju 1983.

JHD-JEF: 7506-JBen
84-02-0246.T



Mynd 26 Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983.

JHD-JEF:7506-JBen
84-02:0244-T



Mynd 27 Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983.

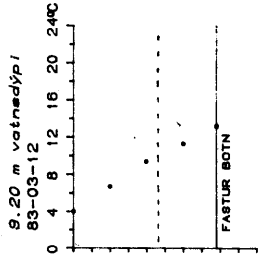
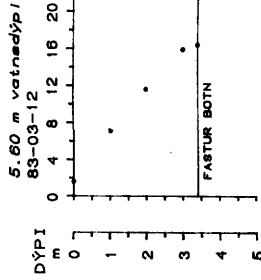
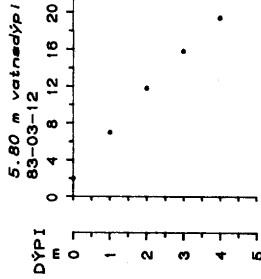
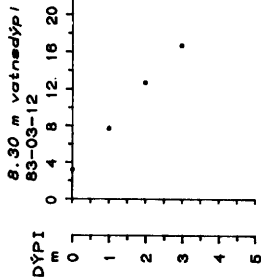
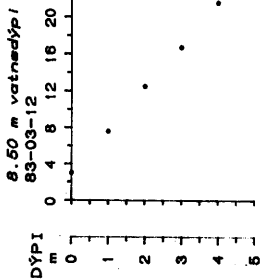
0 190

0 200

0 225

0 250

0 300



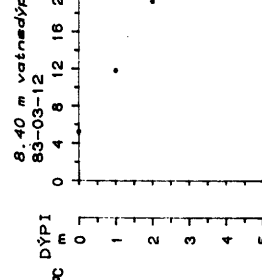
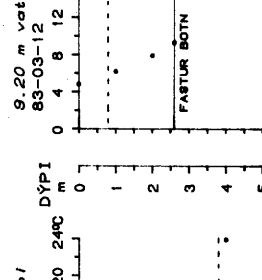
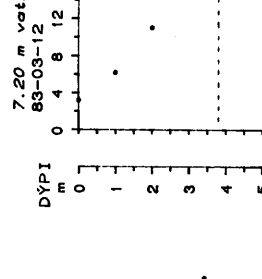
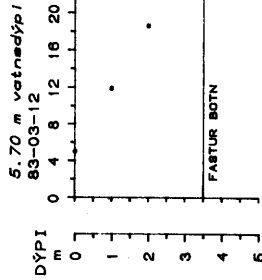
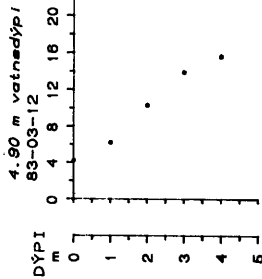
-50 50

-50 75

-50 100

-50 110

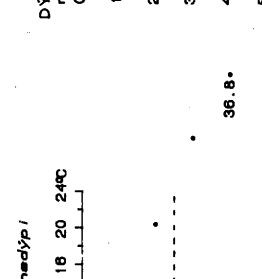
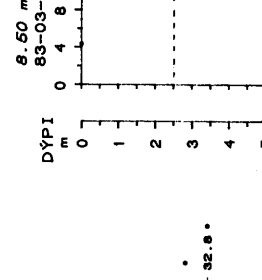
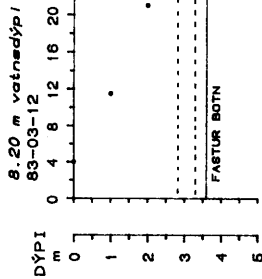
-50 120



-50 130

-50 140

-50 150

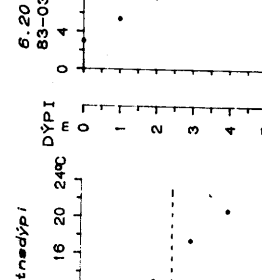
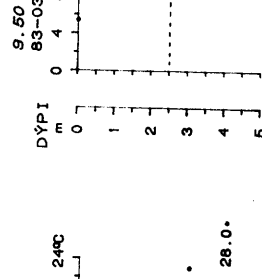
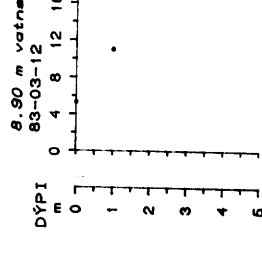
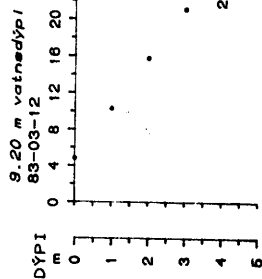


-50 175

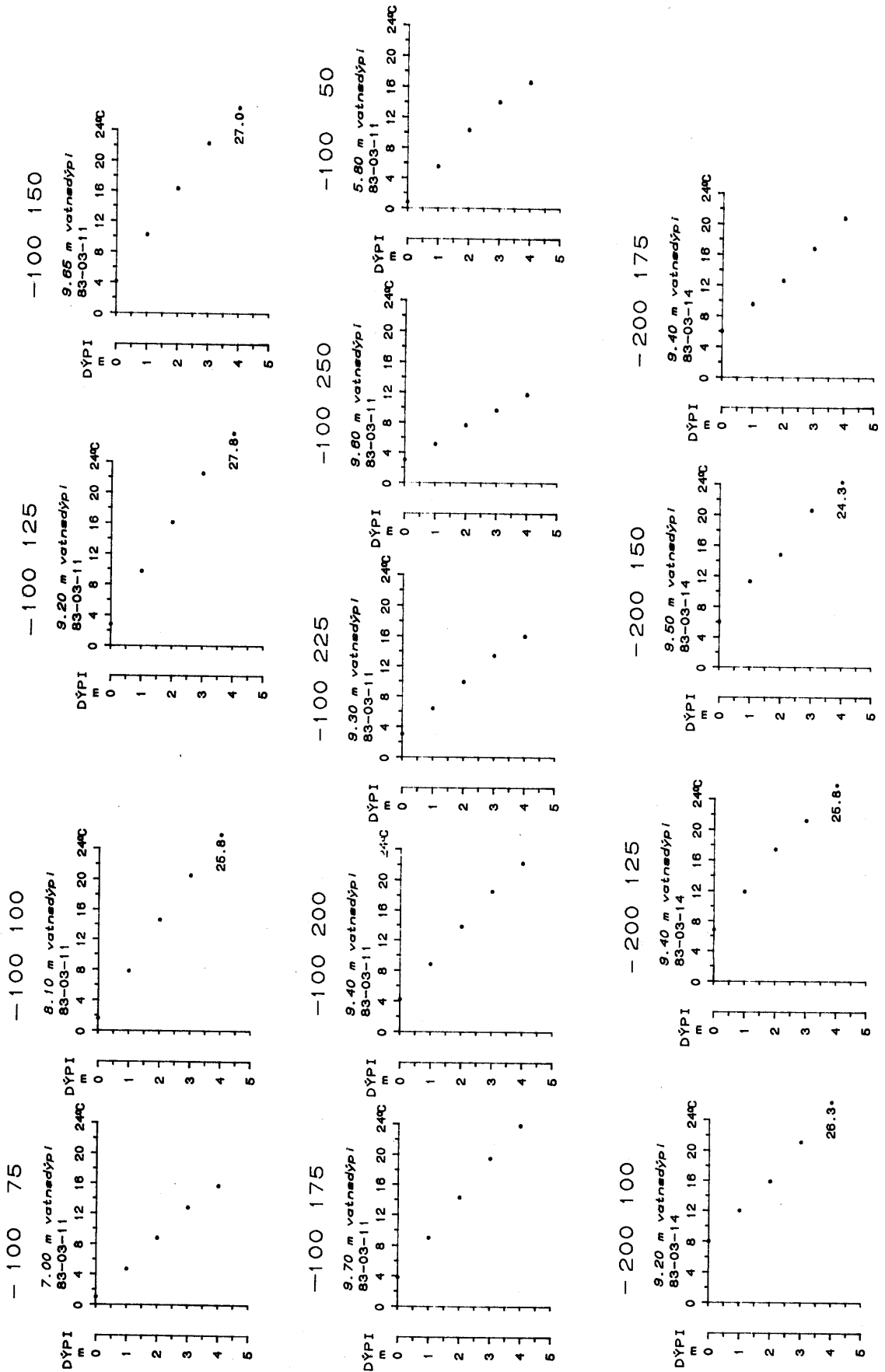
-50 200

-50 250

-50 300



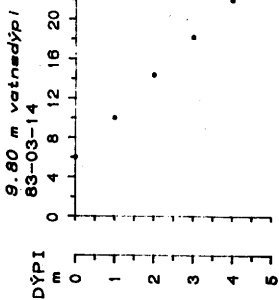
JHD-JEF.7506-JBen
84-02-0248-T



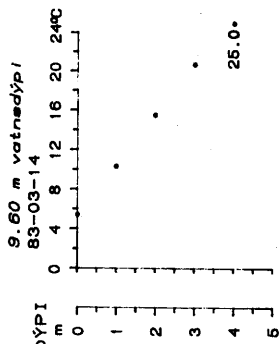
Mynd 29 Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983.

JHD-JEF.7506-JBm
84-02-0247-T

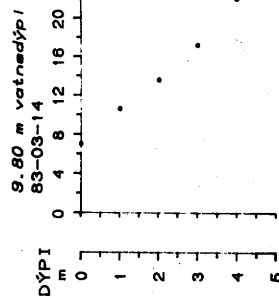
-200 200



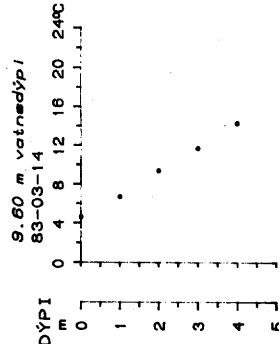
-200 225



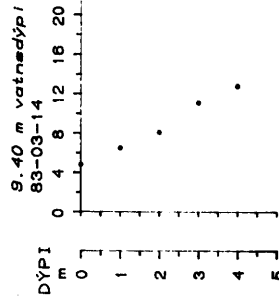
-200 250



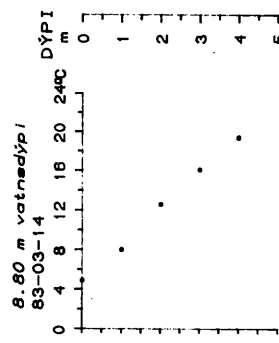
-200 275



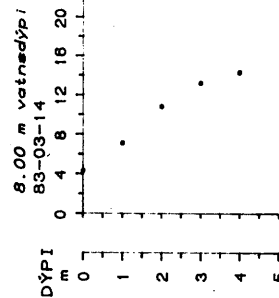
-200 300



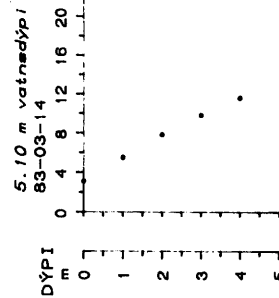
-200 75



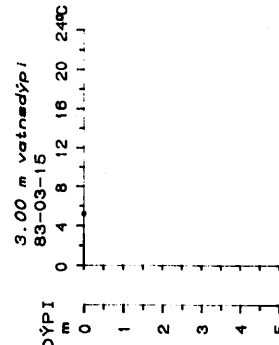
-200 50



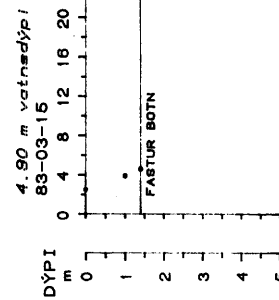
-200 25



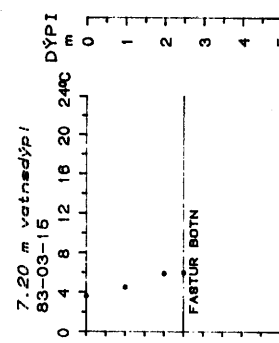
-300 25



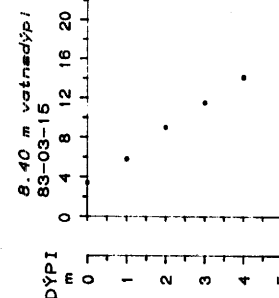
-300 50



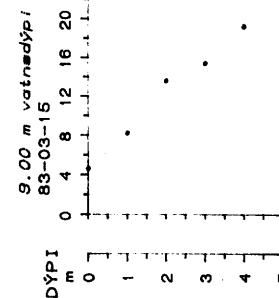
-300 75



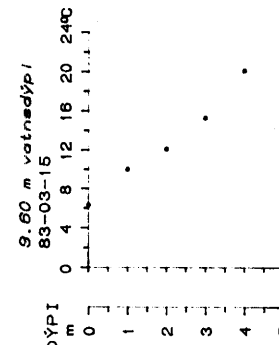
-300 100

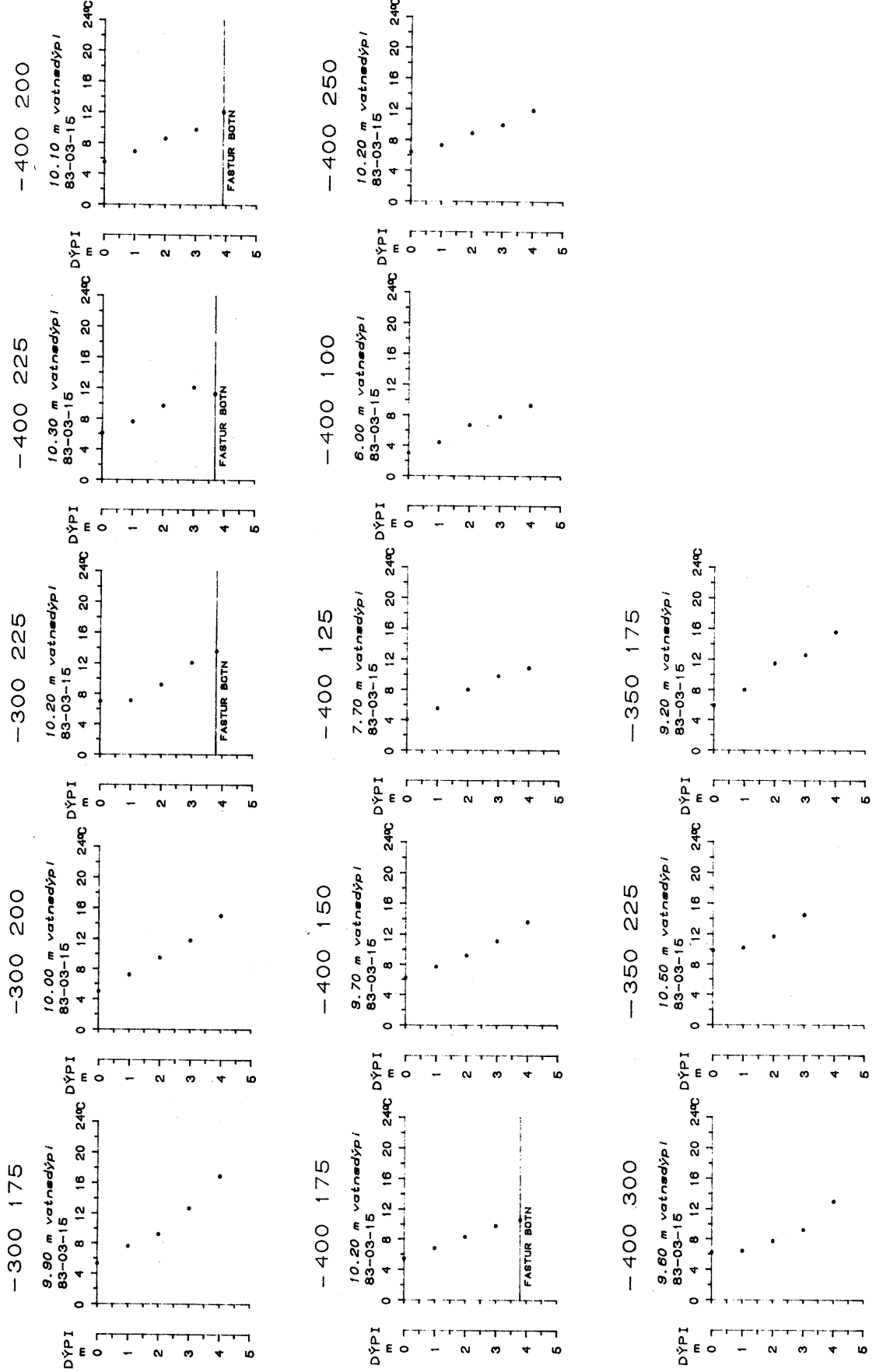


-300 125

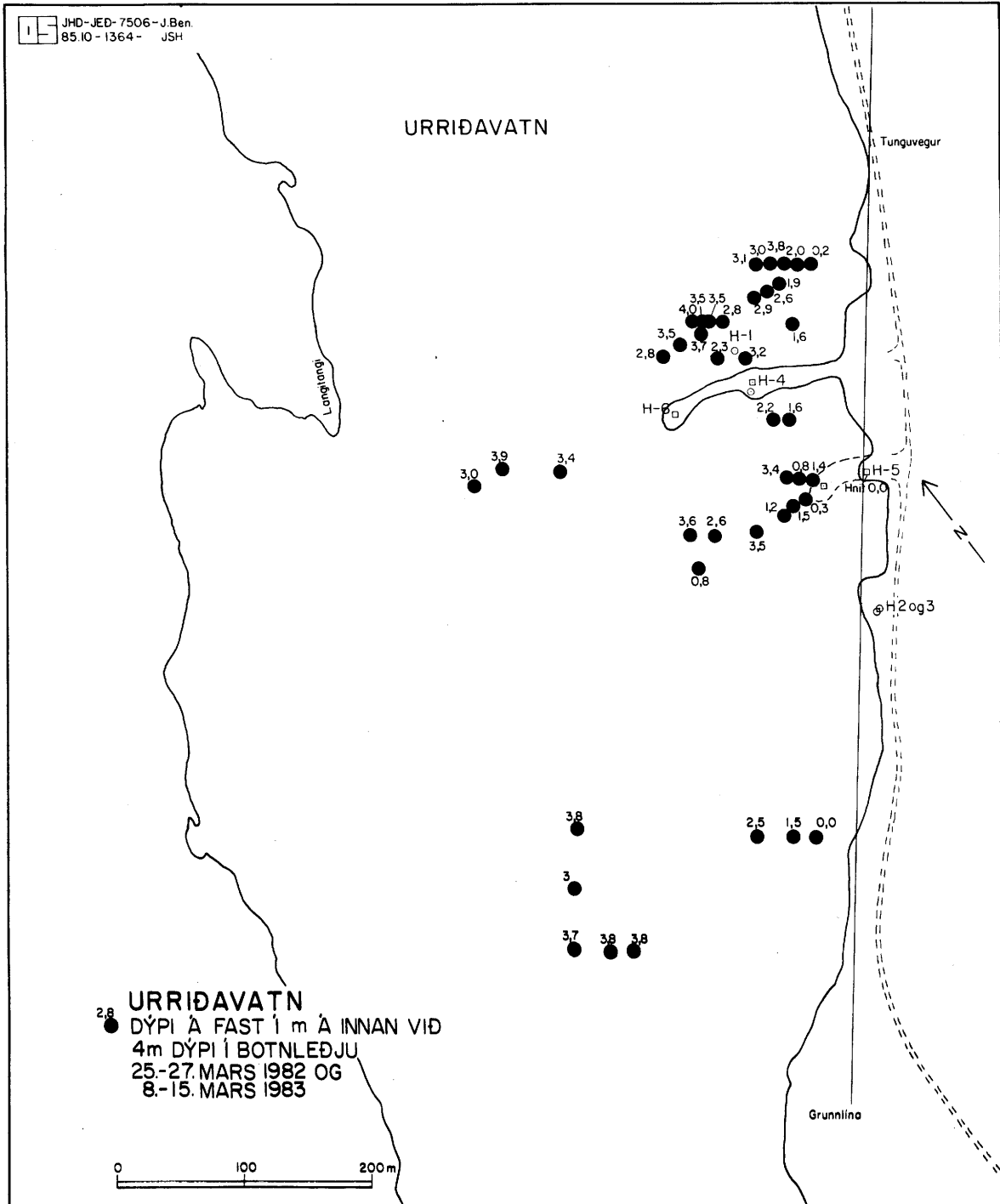


-300 150

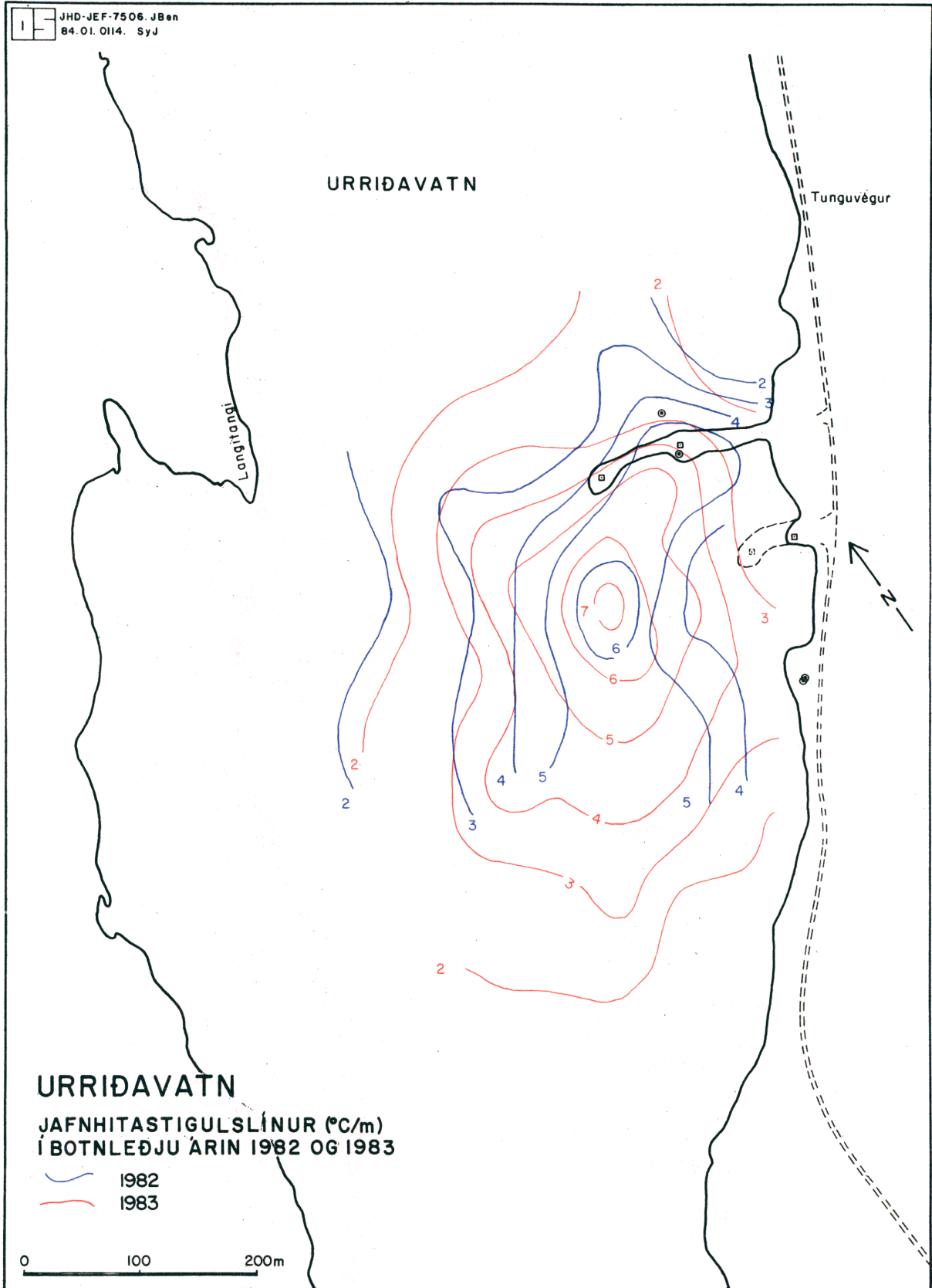




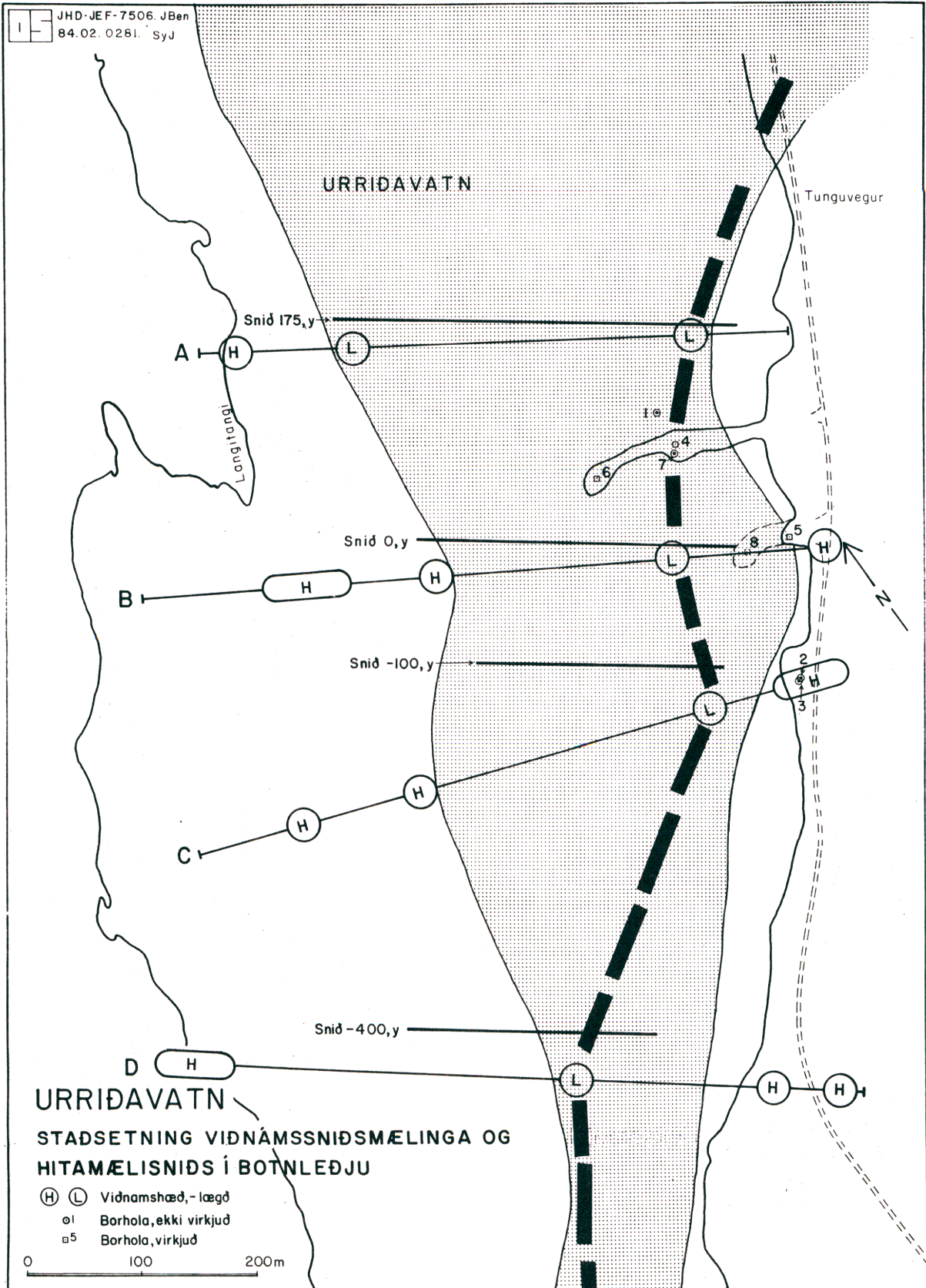
Mynd 31 Urriðavatn. Hitamælingar í botnleðju 1983.



Mynd 32 Urriðavatn. Dýpi á fast í botnleðju 8.-15. mars 1983 og 25.-27. mars 1984.

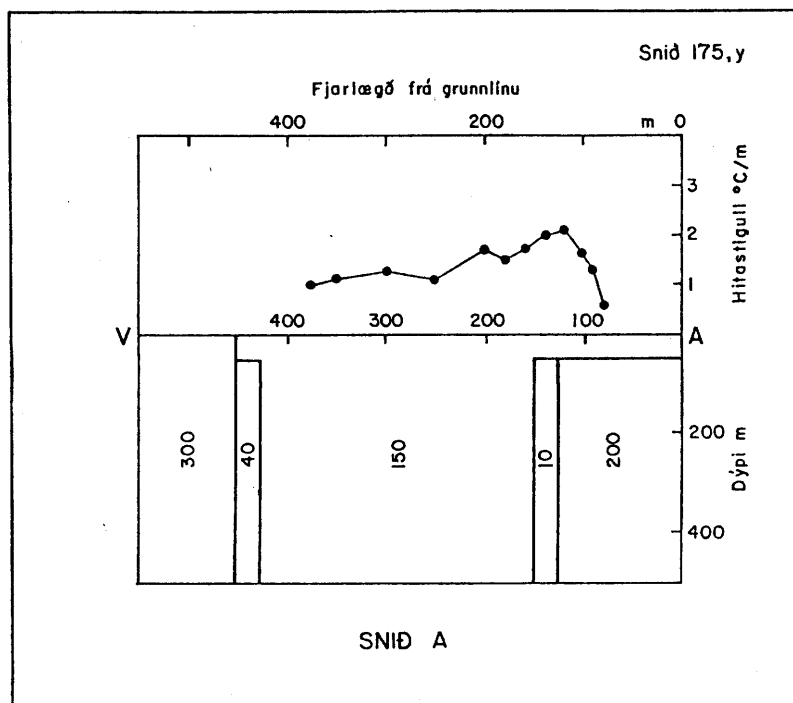


Mynd 33 Urriðavatn. Jafnhitastigulslínur í botnleðju árin 1982 og 1983.



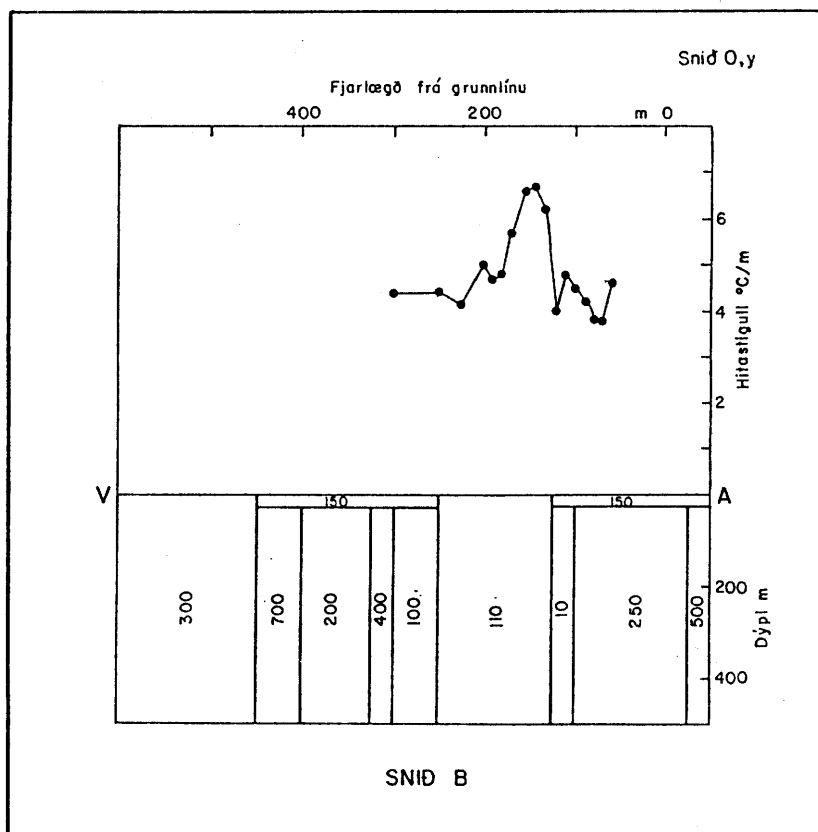
Mynd 34 Urridavatn. Staðsetning viðnámsniðsmælinga og hitamælisniða í botnleðju.

JHD-JEF-7506JBen
84.02.0273-IS

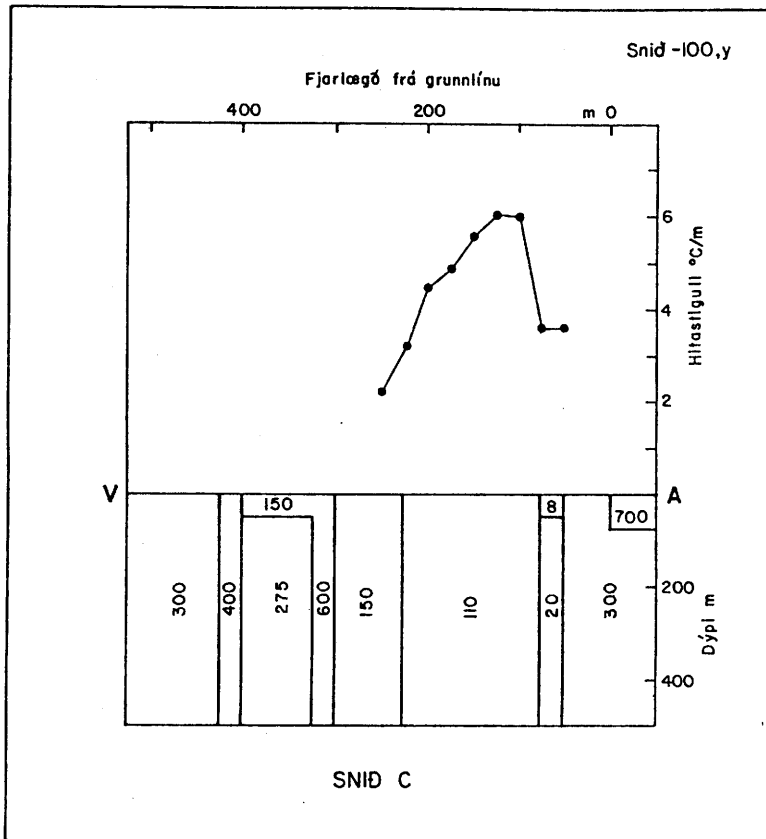


Mynd 35 Urriðavatn. Snið (175,y) er sýnir hitastigul í botnleðju ásamt viðnámsgildum í berggrunni (snið A).

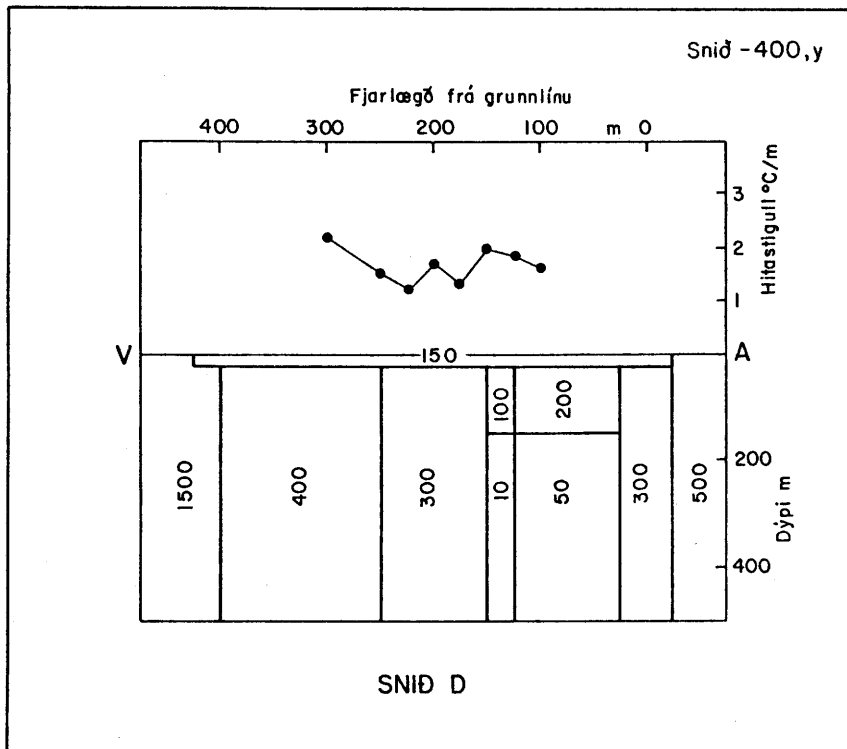
JHD-JEF-7506JBen
84.02.-0271-IS



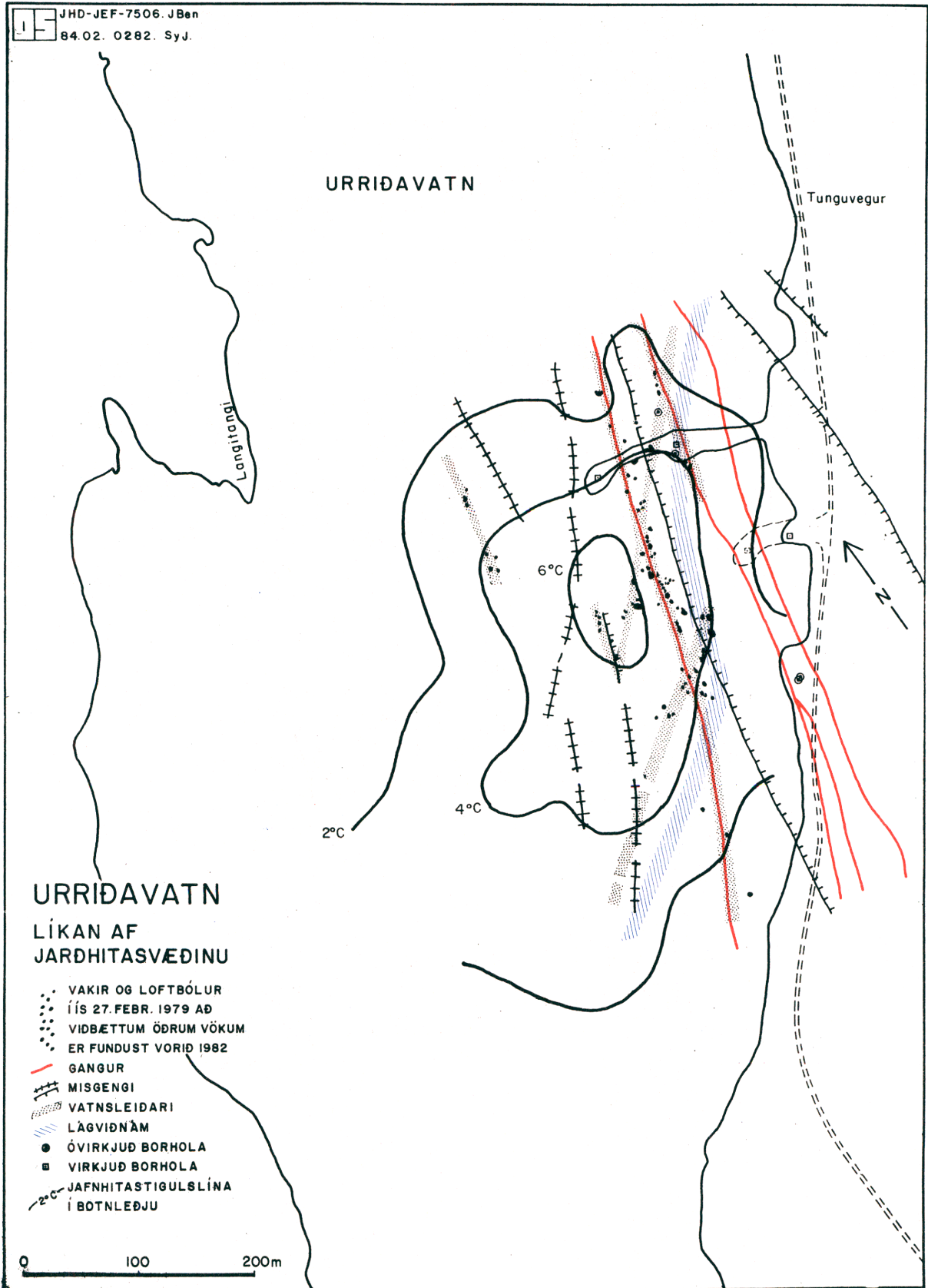
Mynd 36 Urriðavatn. Snið (0,y) er sýnir hitastigul í botnleðju ásamt viðnámsgildum í berggrunni (snið B).



Mynd 37 Urriðavatn. Snid (-100,y) er sýnir hitastigul í botnleðju ásamt viðnámsgildum í berggrunni (snid C).



Mynd 38 Urriðavatn. Snid (-400,y) er sýnir hitastigul í botnleðju ásamt viðnámsgildum í berggrunni (snid D).



Mynd 39 Urriðavatn. Líkan af jarðhitasvæðinu.