



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**HOLA LWN-4 AÐ LAUGALANDI Í HOLTUM**

**Vatnsvinnsla des. '82 – mars '83  
og bilun djúpdælu**

Lúðvík S. Georgsson  
Þorsteinn Thorsteinsson  
Sverrir Þórhallsson

OS-83026/JHD-07 B

Apríl 1983



**ORKUSTOFNUN**  
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

**HOLA LWN-4 AÐ LAUGALANDI Í HOLTUM**

**Vatnsvinnsla des. '82 – mars '83  
og bilun djúpdælu**

Lúðvík S. Georgsson  
Þorsteinn Thorsteinsson  
Sverrir Þórhallsson

OS-83026/JHD-07 B

Apríl 1983

EFNISYFIRLIT

Bls.

EFNISYFIRLIT	2
MYNDASKRÁ	2
1 INNGANGUR	3
2 VATNSVINNSLA DES. 1982 - MARS 1983	4
3 ORSAKIR VATNSLEYSIS	7
4 AFKÖST HOLU LWN-4	14
5 TILLÖGUR UM FYRIRKOMULAG OG EFTIRLIT MED VATNSVINNSLU	15
HEIMILDIR	16

MYNDASKRÁ

1 Rennsli og hiti vatns sem dælt var úr holu LWN-4	6
2 Vinnsluferlar fyrir djúpdælur HVR	8
3 Hitamælingar úr holu LWN-4	9
4 Eydd dæluhjól og öxlar úr djúpdælu HVR	11
5 Dæluhjól úr Floway djúpdælu	12
6 Skemmt dæluhjól úr djúpdælu HVR	12
7 Dæluhús úr djúpdælu HVR	13

## 1 INNGANGUR

Hola LWN-4 að Laugalandi í Holtum var boruð sumarið 1980 niður á 844 m dýpi af jarðbornum Glaumi frá Jarðborunum ríkisins. Borunin var gerð fyrir skólann að Laugalandi í Holtum og stóðu að henni Holtahreppur, ásamt Ása- og Landmannahreppi. Jarðhitadeild Orkustofnunar var ráðunautur hreppanna um staðsetningu og borun holunnar. Vídd, fóðring og holudýpi voru ákvörðuð með það í huga að halda borkostnaði niðri, enda var töluberð óvissa fyrirfram um árangur af borun. Sjálfrennsli í lok borunar var um 21 l/s af um 94 °C heitu vatni aðallega úr æðum á 750 m dýpi og 830-840 m dýpi. Fljóttlega minnkaði rennsli í um 9,5 l/s. Við mælingar kom í ljós að holan var stífluð á 817 m dýpi. Rennslismælingar, sem gerðar voru eftir að holan stíflaðist og sem fyrst og fremst voru ætlaðar til leiðsagnar um fóðrun, hreinsun og dýpkun holunnar, bentu til að úr holunni mætti þá vinna um 40 l/s með 110 m vatnsborðslækkun miðað við 1 árs vatnsvinnslu. Ætlað var að úr henni mætti vinna enn meira vatn ef hún yrði hreinsuð (Sjá greinargerð Orkustofnunar frá febrúar 1981: LSG-ÞTh-HK-81/01). Lagt var til að holan yrði rýmuð og fóðruð niður á 300 m dýpi með tilliti til hugsanlegrar aukningar vatnsvinnslu og stærðarvals á djúpdælu en einnig "til öryggis verði ófyrirsjáanleg viðbrögð jarðhitakerfisins við langtíma vatnsvinnslu óhagstæð". Þá var einnig lagt til að holan yrði hreinsuð og dýpuð um 100-150 m. Loks segir m.a.: "Aður en holan LWN-4 verður virkjuð þarf að gera mun ítarlegri mælingar á afköstum holunnar og svæðisins í heild".

Holan var síðan lokað að mestu fram í mars 1982. Skömmu áður hafði Hitaveita Rangæinga (HVR) tekið við rekstri holunnar, en hún er sameignarfyrirtæki Rangárvallahrepps, Hvolhrepps og Holtahrepps. Að beiðni HVR var holan rýmuð og fóðruð í 292 m með 11 3/4" fóðringu í mars-apríl 1982 og dýpuð í 1014 m. Verkið var unnið af bor Jarðborana ríkisins, Narfa. Dýpkun holunnar og hreinsun gekk mjög erfiðlega framan af og var mikið hrun úr æðinni í 840 m og útvíkkanir. Erfiðlega gekk því að skola borsvarfinu upp úr holunni. Til þess að verkið næði fram að ganga var notað "vannglas" í holuna til að stöðva hrunið og í framhaldi af því var notuð borleðja (bentonit) og holan dýpuð í 1014 m (Um nánari upplýsingar um verkið vísast í greinargerð Guðmundar Sigurðssonar, verkstjóra hjá Jarðborunum ríkisins, frá júlí 1982). Þegar borun lauk, 7. maí 1982,

var sjálfrennsli hins vegar aðeins um 8 l/s af 93-94°C heitu vatni. Holan var loftdæld tvívegis í borlok til að hreinsa holuna og fá gróft mat á afköstum hennar og fylgst var með sjálfrennsli hennar næsta hálfa árið. Um stöðuna 2 mánuðum eftir borlok er fjallað í greinargerð Orkustofnunar frá júnílokum 1982: ÞTh-LSG-82/03. Þar kemur fram að afköst holunnar höfðu ekki aukist við pessar aðgerðir eins og vonir stóðu til. Þar segir m.a.: "Virðist lítill vafi vera á að bæði efri æðarnar - og þær neðri - séu ennþá að nokkru leyti stíflaðar af borsvarfi. Hitamæling gerð 6. júní 1982 gæti bent til pess að um 35% rennslisins sé úr efri æðinni en 65% úr þeim neðstu". Um vatnsvinnslu segir: "Nú hafa runnið úr holu LWN-4 7,8-8,2 l/s í rúmlega 50 daga samfellt (innsk.: þetta breyttist óverulega þangað til virkjun hófst). Ennþá er þó ekki unnt að segja fyrir um viðbrögð jarðhitakerfisins við meiri vatnsvinnslu í lengri tíma. Stöðugleiki vatnsmagnsins og hófleg vatnsvinnsla, 20-30 l/s, sem ráðgerð er fyrstu ár hitaveitunnar gefa ekki tilefni til uggs um óhóflegan niðurdrátt" og "Miðað við afköst holunnar eins og þau eru í dag og 30 l/s má búast við um 80 m vatnsborðslækkun í holunni fyrsta árið". Mælt var með 100 m lágmarksdæludýpi fyrst í stað.

## 2 VATNSVINNSLA DES. 1982 – MARS 1983

Djúpdæla af gerðinni Floway 8-JKH 5 þepa, knúin 65 ha(48 kw) rafmót, var gangsett í holu LWN-4 4. desember 1982. Dæludýpi var 100 m. Dælan var látin ganga, með óverulegum hléum vegna rafmagnstruflana, fram til 22. febrúar 1983. Þann dag var hún stöðvuð í 8 klst. og síkkuð í 130 m. Hún var stöðvuð aftur næsta dag vegna minnkandi afkasta og við upptekt kom í ljós að dælan var sem næst ónýt. Ný dæla af sömu gerð og sú fyrri, en knúin 85 ha rafmót, var sett á sama dýpi og gangsett að kvöldi 24. febrúar. Hún gekk í 18 klst. en var stöðvuð 25. febrúar vegna ófullnægjandi afkasta. Við upptekt og skoðun kom í ljós að afköst höfðu minnkað vegna skemmda á hjólum og legum dælunnar.

Við vatnsvinnsluna er dælt upp í miðlunargeymi hitaveitunnar. Botnplata geymisins er 18 m yfir dæluúttaki en mesta vatnshæð um 5 m. Þríestingur í dæluskúr hefur því verið á bilinu 18-23 m vs en mesti heildarþríestingur 123 m vs, meðan dælan var í 100 m dýpi, en 152 m vs er hún var í 130 m. Á mynd 2 má sjá afköst

dælunnar við mismunandi lyftihæð. Að dælunni er hraðabreytibúnaður, en hún hefur snúist um 2800 Sn/mín.

Vatnsvinnsla úr holunni hefur verið í umsjá starfsmanna Hitaveitu Rangæinga, samkvæmt rágjöf og eftirliti Verkfræðistofunnar Fjarhitunar, en þeir síðar nefndu hafa séð um hönnun og gangsetningu hitaveitunnar. Upplýsingar um vatnsvinnsluna fyrstu 3 mánuðina voru fengnar frá Hitaveitu Rangæinga og er eftirfarandi unnið upp úr dagbókum hennar.

Af dagbók hitaveitunnar er ekki að sjá að reglulegar mælingar á vatnsmagni úr holunni hafi verið gerðar fyrr en 21. desember er farið var að mæla rennsli úr miðlunargeymí inn á kerfi hitaveitunnar. Rennsli, reiknað út frá magniteljara og mældri vatnshæð í geymi, hefur skv. dagbókinni verið 16-19 l/s, mest 24 l/s, fram til 8. febrúar (sjá mynd 1). Þá var slegið af dælunni og dælt 13-16 l/s þar til fyrri dælan var síkkuð 22. febrúar. Einstakir aflestrar af rennsismæli, skráðir í dagbók, eru hins vegar að jafnaði um 15% hærri en ofangreindar tölur. Við þetta bætist svo notkunin á Laugalandi og nágrenni.

Aflestrar af aflmæli dælumótors frá upphafi dælingar eru skráðir í dagbók dælustöðvarinnar. Samkvæmt upplýsingum Sigþórs Jóhannessonar, verkfræðings hjá Fjarhitun, kom í ljós 24. febrúar að aflmælir hafði sýnt allt að 65% of lág afgildi frá byrjun. Meðalaflestrar í kW ásamt leiðréttingu eru teknir saman í eftirfarandi töflu.

Tafla 1

Dags.	Aflestur kW	Leiðr. kW
4.des.-14.des.'82	30	50
15.des.-21.des.'82	23	38
22.des.'82-8.febr.'83	29	48
8.feb.-22.feb.'83	20-23	33-38

Engar marktækjar mælingar eru til á niðurdrætti í holunni lengst af þar sem gat var talið vera á röri fyrir vatnsborðsmælingar og niðurstöður vatnsborðsmælis í snúru reyndust rangar. Þó er líklegt að síðustu tvær vikurnar áður en dælur biluðu hafi vatnsborð verið í um 88 m. Sé

JHD-VT-8609-HJ  
83-03-0482

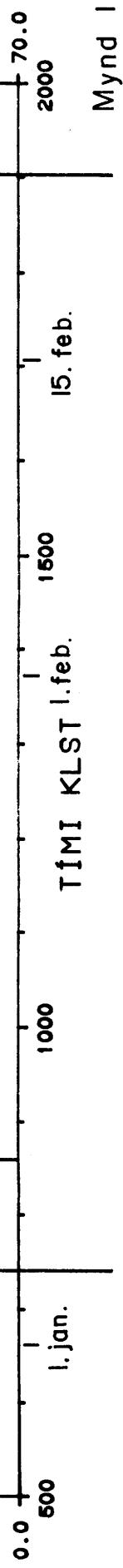
LAUGALAND HOLTUM  
HOLA LWN-4

RENNSLI L/S

HITASTIG C

- 6 -

MELINGATIMABIL  
1.JAN-25.FEB 1983



miðað við vatnsborð á 90 m dýpi og leiðrétt afl, bendir aflferill dælunnar (sjá mynd 2) til þess að vatnsmagn geti hafa verið talsvert meira en reiknað er hér að ofan, og upp undir 40 l/s á tímabilinu 4.-14. desember 1982.

Hiti vatnsins úr holunni mældist lengi vel um  $92^{\circ}\text{C}$ . Síðar kom í ljós að hitamælirinn sýndi um  $3^{\circ}\text{C}$  of lágt gildi, þannig að rétt gildi hefur verið um  $95^{\circ}\text{C}$  og var þetta leiðrétt þann 8. febrúar. Nálægt 4. febrúar fór vatnið að hitna og var komið í um  $100^{\circ}\text{C}$  þann 16. febrúar og hélst svo heitt uns hætt var að dæla þann 25. febrúar. Hitaferillinn er sýndur á mynd 1.

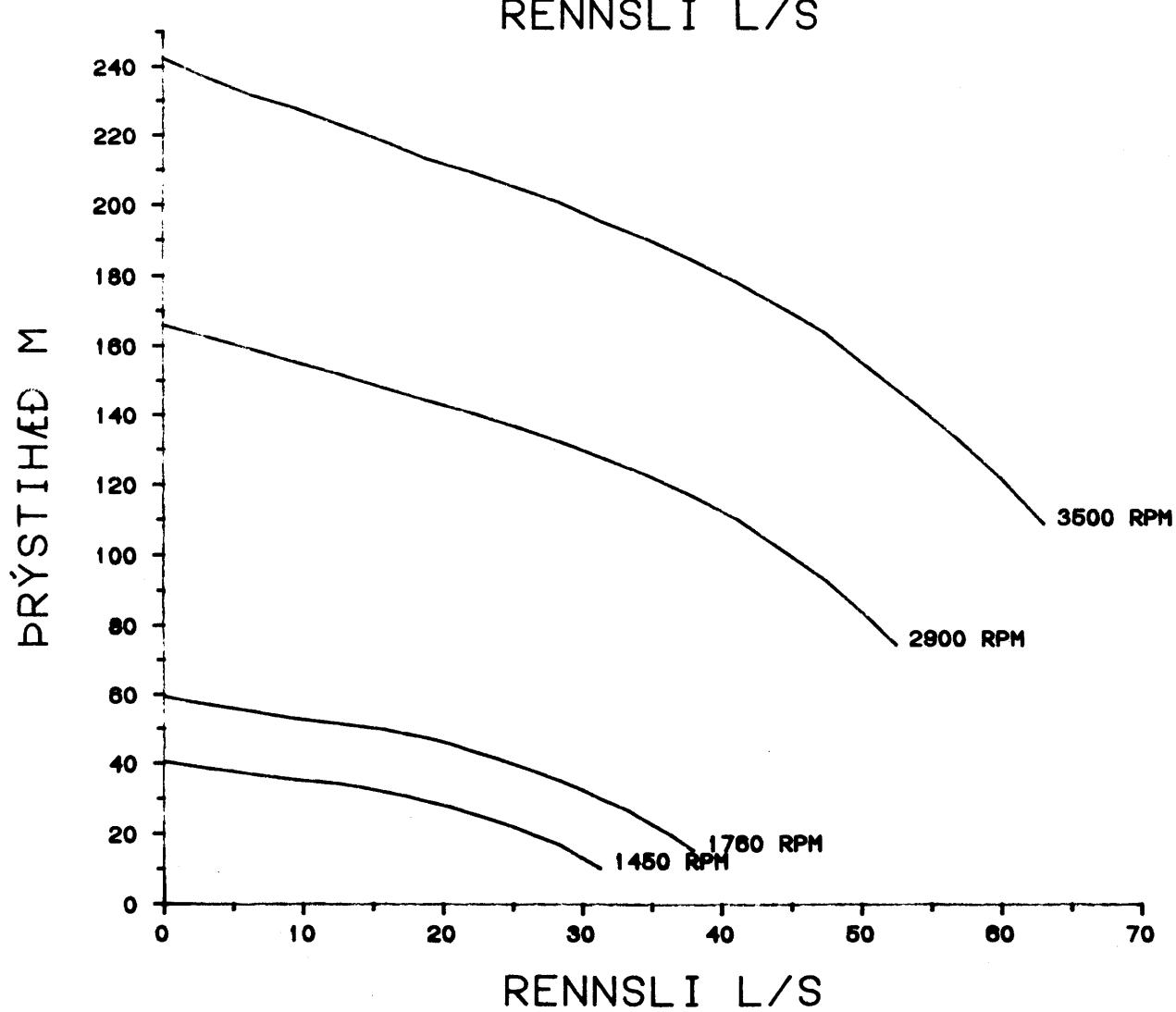
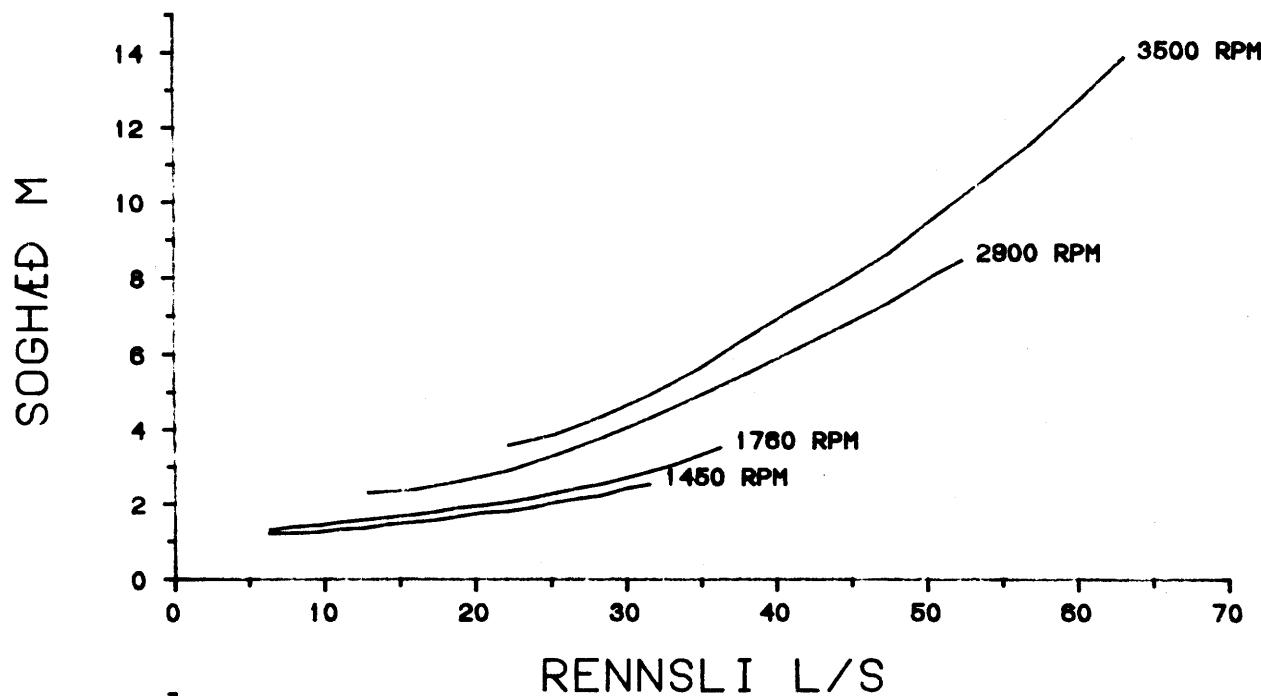
Eftir að dælur voru teknar upp létt Orkustofnun gera ýmsar athuganir á holunni. Holan var hitamæld og víddarmæld og kom þá í ljós að hún hafði í engu breytt sér frá því að hún var mæld skömmu eftir að dýpkun lauk. 1. mars var dælt á hana  $45 \text{ m}^3$  af  $42^{\circ}\text{C}$  heitu vatni og tók holan vel við því. Holan var hitamæld tvívegis eftir það og sýndi hæga upphitnun. Hitamælingarnar ásamt tveim eldri mælingum eru sýndar á mynd 3. Í mælingunum kemur fram að með kaldara vatni á um 330 m dýpi. Þessi að virðist þó vera mjög treg og er því ekki ástæða til að óttast kælingu út frá henni.

Þann 11. mars var þriðja dælan gangsett í holunni og er hún á 130 m dýpi. Vatnsborðið hafði þá stigið úr um 35 m, 1. mars, 4 dögum eftir að hætt var að dæla, upp í um 12 m. Samkvæmt tillögum Orkustofnunar var dælt í prepum, fyrst 15 l/s í 2 tíma, síðan 25 l/s og 35 l/s í 2 tíma hvort prep. Loks var dælt með hámarksdæluafköstum í 1 tíma um 38 l/s. Eftir það var dregið úr dælingu í 25 l/s og ákveðið að halda þeirri dælingu nokkra mánuði til að kanna vatnsgæfni svæðisins. Á þeim 4 vikum, sem liðnar eru, hefur vatnsborðið lækkað í um 80 m og er enn á hægri niðurleið. Hitinn hefur hins vegar farið úr  $97^{\circ}\text{C}$  í um  $100^{\circ}\text{C}$ .

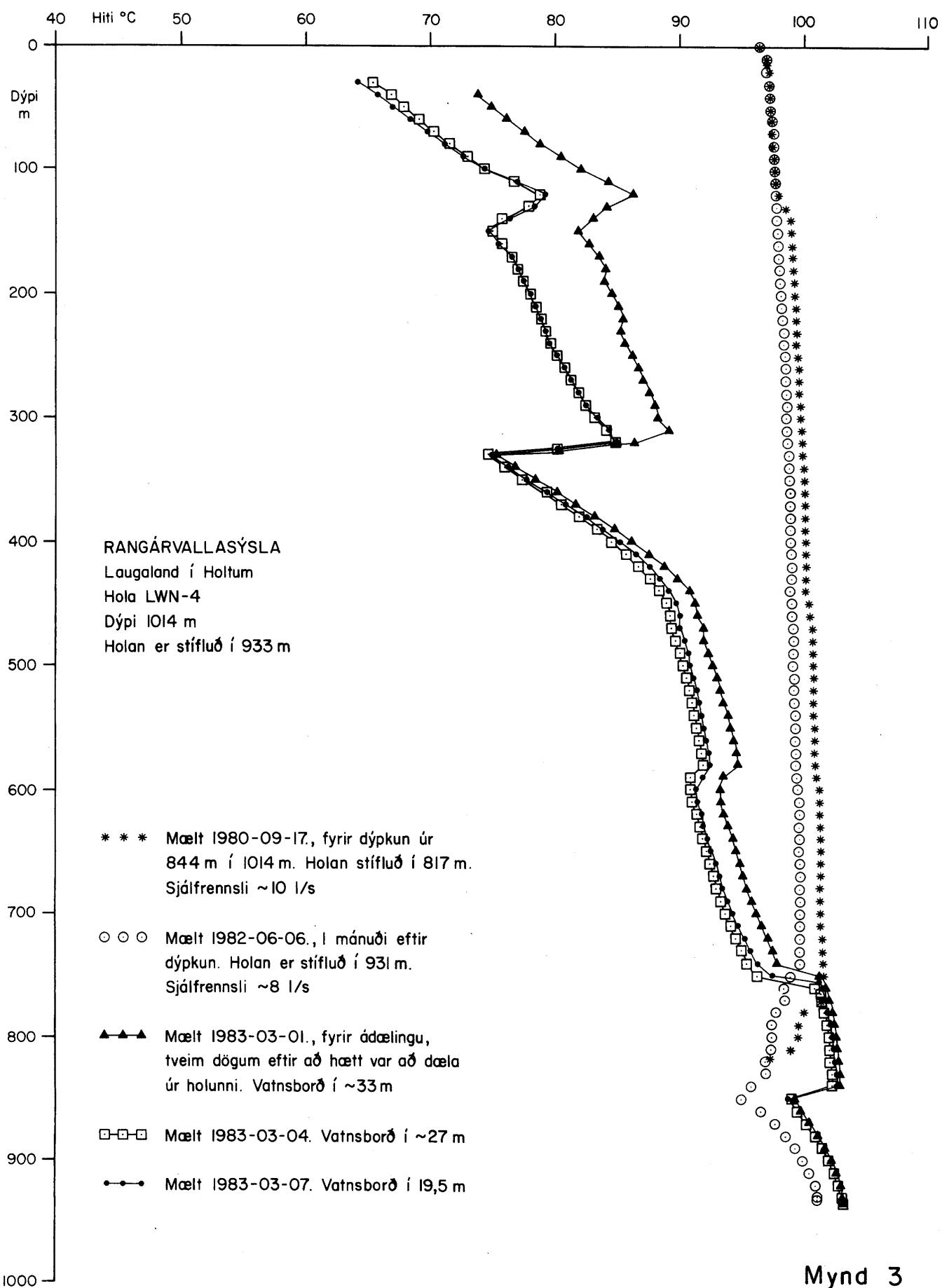
### 3 ORSAKIR VATNSLEYYSIS

Bær dælur, sem teknar voru upp úr holu LWN-4 voru báðar mjög illa farnar og gátu ekki dælt nema óverulegu vatnsmagni, er þær voru stöðvaðar. Afköst dælanna minnkuðu ört í kjölfar síkkunar dælu 1 og niðursetningar dælu 2. Vatnsleysi Hitaveitu Rangæinga um mánaðamótin feb.-mars staðaði því af biluðum djúpdælum. Þessar bilanir eru tæknilegs eðlis og verður ekki fjallað ýtarlega um orsakir

DJÚPDÆLA AD LAUGALANDI HOLTUM  
VINNSLUFERLAR



Mynd 2



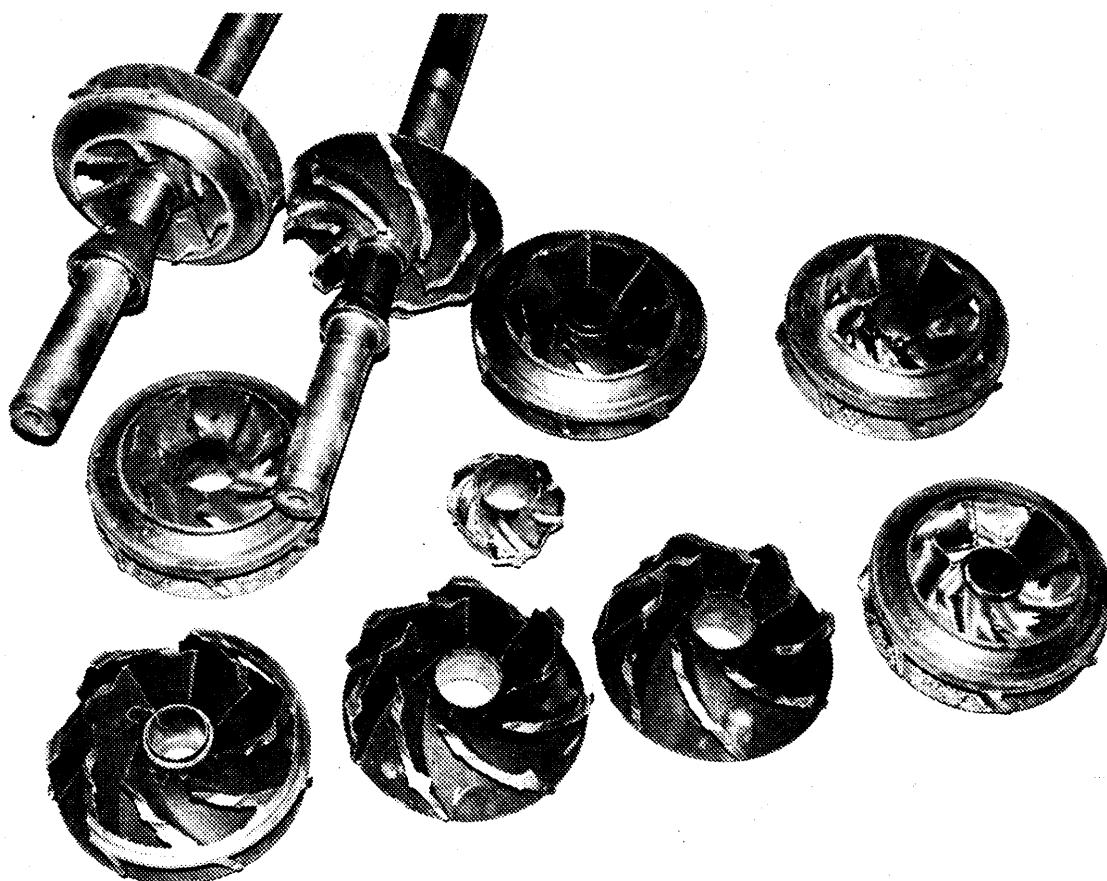
þeirra hér, þar sem umsjá eða eftirlit með dælu hefur ekki verið í höndum Orkustofnunar. Allar líkur eru þó á að þær eigi rætur að rekja til mismunandi hitapenslu dælurörs og öxla eftir að dælurnar voru settar í gang eftir síkkun eða dæluskipti og að það hafi leitt til röskunar á stillingu þeirra. Afleiðingin var núningur dæluhjóla og dæluhúss og mikið slit á dælunni. Við gangsetningu dælu 3 var dælan endurstillt eftir að hafa gengið í nokkrar mínútur til að koma í veg fyrir þetta og reyndist full ástæða til þess. Þessi endurstilling mun ekki hafa verið gerð eftir síkkun dælu 1 eða gangsetningu dælu 2. Mynd 4 sýnir ónýt dæluhjóli og öxla úr dælunni. Myndir 5 og 6 sýna muninn á óslitnu dæluhjóli og einu af verst fornru hjólinum úr ónýtu dælunum. Mynd 7 sýnir loks eitt dæluhúsið og útslegin legusæti þess.

Eftir stöðvun dælanna komu fram ýmsar tilgátur um að orsakir vatnsleysisins mætti rekja til innrennslisins í holuna. Hér verða þær helstu raktar:

a) Breyting á holunni, hrún eða lokun vatnsæða.

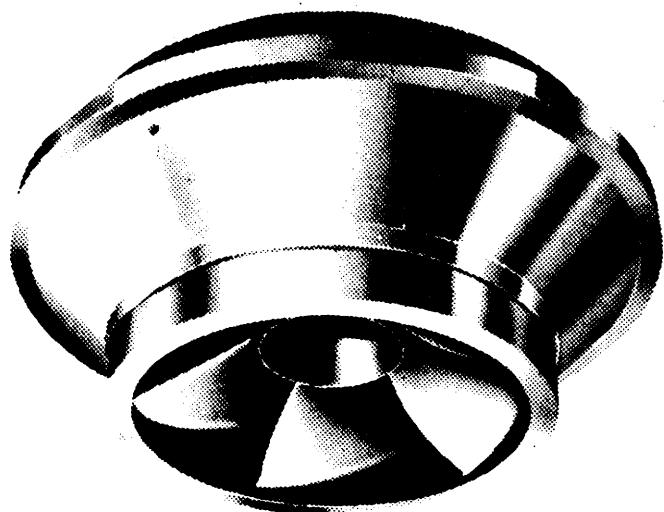
Samanburður á víddarmælingum úr holunni fyrir og eftir dælingu sýnir að holan sjálf er óbreytt. Niðurdæling á holuna þann 1. mars og dæling úr henni frá 11. mars sýna að holan er vel opin. Getum var að því leitt að holan hafi tæmst eða lokast algjörlega um tíma og dælurnar því gengið purrar og eyðilagst. Þetta verður að teljast afsannað. Holan er opin og hefur ekki breyst ef hækjun í hita vatnsins er frá talin. Dælurnar voru mun viðkvæmari fyrir sveiflum í vatnsborði meðan þær voru á 100 m dýpi en eftir að þær voru síkkaðar í 130 m. Ef miðað er við að vatnsborð hafi verið á um 90 m dýpi fyrir síkkun, þá hefði slík sveifla þurft að vera upp á meira en 40 m til að setja dælurnar á þurrt. Það væri ótrúleg tilviljun að fá slíka feikna sveiflu í vatnsborðið vegna stíflu í holunni einmitt þegar dælan var síkuð 22. febrúar, og enn ótrúlegra að hún hafi staðið yfir í 3 sólarhringa og þar með valdið eyðileggingu á annarri dælu, en að engin merki sjáist um hana, þegar dælt var vatni á holuna þann 1. mars né er dæling hófst að nýju þann 11. mars. Svona sveifla hefur verið sett í samband við jarðhræringar en í því sambandi verður að benda á að þær hreyfingar sem mælst hafa voru annars vegar í byrjun febrúar og hins vegar þann 25. febrúar, rétt eftir að seinni dælan var stöðvuð.

DJÚPDÆLA HITAVEITU RANGÆINGA



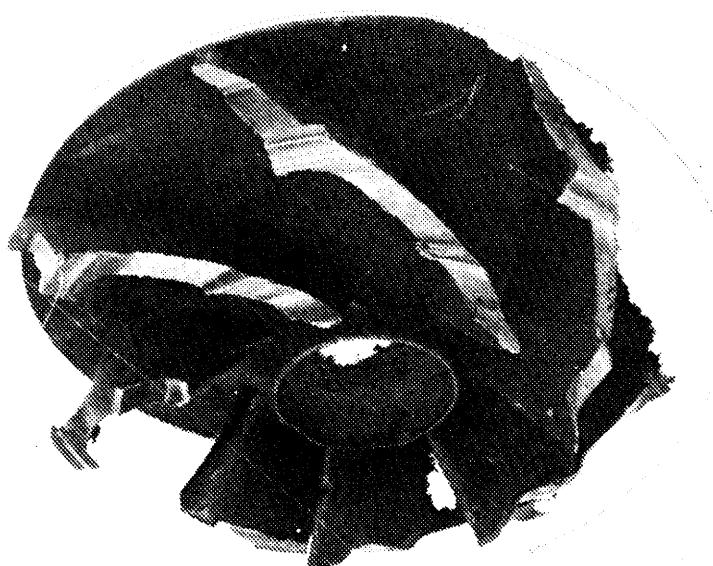
Mynd 4. Eydd dæluhjól og öxlar úr tveimur djúpdælum.

FLOWAY DJÚPDÆLA



ENCLOSED TYPE IMPELLER

Mynd 5. Dæluhjól (óskemmt)



Mynd 6. Dæluhjól úr djúpdælu Hitaveitu Rangæinga (skemmt).

- 13 -

DJÚPDÆLA HITAVEITU RANGÆINGA



Mynd 7. Útslegin legusæti úr dæluhúsi

b) Lágt vatnsborð í holu og suða í dælu ("cavitation").

Líklegt er að vatnsborð hafi verið neðarlega í holunni seinni hluta dælingartímabilsins og síðustu tvær vikurnar var það trúlega í um 88 m. Ef vatnsborð hefur komist niður undir dælu (í 96 m) um tíma hefur það valdið suðu í dælunni (sbr. mynd 2). Slík suða dregur úr afköstum dælunnar og getur valdið ákveðnu sliti á henni ef hún viðgengst lengi. Slíkt slitmunstur kom ekki fram við skoðun.

Bent hefur verið á að afköst dælu minnkuðu í byrjun febrúar og var þá slegið af henni. Ein skýring á þessum minnkandi afköstum er að þá hafi suða hafist í dælu vegna hækkandi hitastigs vatnsins (og undirþrýstings í dælu). Eftir að suða hófst þurfti því vatnsborð að vera ofar með tilliti til dælu til að hindra suðu. Þessu var svarað á réttan hátt og er ekki ástæða til að ætla að soðið hafi í dælunni síðustu tvær vikurnar sem hún var í 100 m. Hugsanleg suða í dælu um tíma skýrir ekki skyndilega eyðileggingu dælunnar við síkkun í 130 m og ennþá síður eyðileggingu seinni dælunnar strax eftir niðursetningu.

c) Leir í vatninu. Getum hefur verið leitt að því að fínn leir í vatninu hafi komist í legur og eyðilagt dælurnar. Hvort leir hefur komist í vatnið við jarðhræringar skal ekki fullyrt, en aftur verður að benda á að tímasetning jarðhræringa passar illa við þá skýringu. Ennfremur að lítil sem engin vísbending fannst um leir í miðlunartanki við skoðun.

Með tilvísun til þess sem fram hefur komið hér á undan, er það því mat Orkustofnunar að orsakir þess vatnsleysis sem stöðvaði rekstur HVR í hálfan mánuð megi rekja til dælubilana og að hegðun holunnar sé ekki orsök þeirra.

#### 4 AFKÖST HOLU LWN-4

Til að hægt sé að gera áreiðanlega spá um áhrif langtímatnsvinnslu í borholu er nauðsynlegt að gera a.m.k. nokkurra vikna dæluprófanir á henni. Slík dæluprófun var ekki gerð á holu LWN-4 áður en holan var virkjuð þar sem 3 fasa rafmagn var ekki til staðar fyrr en rétt í þann mund er virkjun hennar hófst. Það er miður að gögnin um dælinguna fyrstu mánuðina eru ekki betri, því að þau hefðu

getað verið grundvöllur að traustri spá. Eftirlit með vinnslunni er hinsvegar komið í fastar skorður nú og ættu málín því að skýrast mjög á næstu mánuðum.

Þrepadæling við gangsetningu dælu 3 bendir til að holan sé opnari nú, en hún var í lok hreinsunar og dýpkunar. Á móti kemur að vatnsborðsferlar benda til að sá geymir sem vatnið er sótt í geti verið eitthvað takmarkaðri en áður var talið. Í þessu sambandi er þó rétt að minna aftur á að fóðrun holunnar í 292 m gefur mikið svigrúm til síkkunar dælu ef viðbrögð jarðhitakerfisins við langtímatnsvinnslu reynast óhagstæð.

Síðan dæling hófst að nýju (ll. mars 1983) hefur verið dælt 22-25 l/s af 100°C heitu vatni. Þetta vatnsmagn hefur fullnægt núverandi þörfum hitaveitunnar.

## 5 TILLÖGUR UM FYRIRKOMULAG OG EFTIRLIT MEÐ VATNSVINNSLU

1. Færðar verði inn á eyðublöð, sem Orkustofnun hefur gert, viðeigandi upplýsingar um vinnsluna.
2. Dælt verði áfram með sömu afköstum (25 l/s) um nokurra mánaða skeið og er mjög mikilvægt að halda vatnsmagninu stöðugu (sbr. fyrri tillögur í greinargerð eftir Þorstein Thorsteinsson o.fl. 1983). Gerðar verði vatnsborðsmælingar og lesið af mælum a.m.k. tvisvar á sólarhring.
3. Fylgst verði með vatnsborði í holum L-2 og LN-3.
4. Hitastig í þeim laugum sem enn eru uppi (við holu 1 og vestan vegar) verði mælt vikulega og skráð.
5. Tekið verði efnasýni af vatninu á næstunni og síðan mánaðarlega, a.m.k. fyrst um sinn.
6. Ný vinnsluhola verði boruð á svæðinu seinni part sumars eða í haust. Slíkt mundi auka rekstraröryggi HVR verulega næsta veturnar, sérstaklega ef viðbrögð jarðhitakerfisins við langtímatnsvinnslu reynast óhagstæð, og koma í veg fyrir að skyndilegar dælubilanir verði meiriháttar vandamál. Ákvörðun um staðsetningu holunnar og hugsanlegar forrannsóknir mundu þó bíða þangað til frekari upplýsingar liggja fyrir um afköst holu LWN-4 og svæðisins í heild.
7. HVR tryggi sér nýjar dælur, dæluöxla og dælurör til að hægt verði að dæla af meira dýpi ef í ljós kemur að 130 m dæludýpi sé ófullnægjandi.

6 HEIMILDIR

Guðmundur Sigurðsson 1982: Fööring og dýpkun holu 4,  
Laugalandi, Holtum. Verk 2031 Narfi. Jarðboranir  
ríkisins, greinargerð.

Lúðvík S. Georgsson, Þorsteinn Thorsteinsson og Hrefna  
Kristmannsdóttir 1981: Hola LW-4 við Laugaland í  
Holtum. Greinargerð Orkustofnunar LSG-ÞTh-HK-81/01.

Þorsteinn Thorsteinsson og Lúðvík S. Georgsson 1982:  
Afköst holu LWN-4 við Laugaland í Holtum. Greinargerð  
Orkustofnunar ÞTh-LSG-82/03.

Þorsteinn Thorsteinsson, Lúðvík S. Georgsson og Sverrir  
Þórhallsson 1983: Vatnsvinnsla úr holu LWN-4 við  
Laugaland í Holtum. Greinargerð Orkustofnunar  
ÞTh-LSG-SP-83/02.