



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Ólafur G. Flóvenz
Þorsteinn Thorsteinsson

VATNSÖFLUN HITAVEITU AKUREYRAR

Staða og horfur í árslok 1983

OS-84031/JHD-02

Reykjavík, mars 1984



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Ólafur G. Flóvenz
Þorsteinn Thorsteinsson

VATNSÖFLUN HITAVEITU AKUREYRAR
Staða og horfur í árslok 1983

OS-84031/JHD-02
Reykjavík, mars 1984

ÁGRIP

Gerð er grein fyrir ástandi og vinnsluhorfum á virkjunarsvæðum Hita-veitu Akureyrar. Jarðhitasvæðin við Ytri-Tjarnir og Laugaland í Öngulsstaðahreppi og núverandi vinnslusvæði á Glerárdal eru talin full-nýtt. Jafnframt er ljóst að áfram verður að draga úr dælingu af þessum svæðum ef halda á vatnsborði á svipuðu dýpi og nú er. Talið er líklegt, að fá megi meira vatn fyrir hitaveituna með borunum á Botni eða Hrafnagili, á efra svæðinu á Glerárdal og á Laugalandi á Þelamörk. Tvísýnna er talið um árangur á öðrum jarðhitastöðum í Eyjafirði a.m.k. miðað við núverandi þekkingu.

Gerð er grein fyrir rannsóknarkostnaði, þar með töldum borkostnaði, sem stofnað hefur verið til vegna jarðhitaleitar fyrir Akureyri. Er hann talinn jafngilda 5 millum á hverja kílóvattstund í varmaorku sem hita-veitan selur. Heildarvatnsleitarkostnaður fram til ársloka 1982 er talinn nema 13,4 milljónum dollara, þar af eru 12,4 M\$ vegna borunar vinnsluhola, 0,5 M\$ vegna borunar grunnra rannsóknahola og 0,5 M\$ vegna annarra rannsókna.

Alls hafa verið boraðar 79 holur nálægt Akureyri síðustu hálfa öldina. Þar af eru 39 hitastigulsholur, þ.e. holur sem ekki hafa endilega átt að hitta á vatnsæðar. Hinar 40 hafa verið boraðar með það í huga að hitta á vatnsæðar. Af þeim hittu 12 í mark og eru 9 þeirra nýtanlegar. Hittnin hefur vaxið með árunum vegna ítarlegri forrannsókna og aukinnar þekkingar á eðli jarðhitans.

Leiddar eru að því líkur að boranir á Glerárdal og Botni séu ódýr orku-öflunarkostur, takist að hitta þar á fleiri vatnsæðar. Ennfremur kemur fram að borhola þarf að gefa af sér jafngildi 5 l/s af 90°C vatni til að verð á orku frá henni verði ekki hærra en orkuverð rafskautsketils.

Settar eru fram hugmyndir um orkuöflun næstu 8 árin. Þær fela í sér að stefnt verði að virkjun jarðhitans á Laugalandi á Þelamörk, að dæling verði aukin á Botni og Syðra-Laugalandi með breyttum búnaði, athugað hvort það borgi sig að virkja borholuna á Grísará, settir verði upp magnmælar hjá neytendum í bænum auk hemlanna og selt samkvæmt þeim í von um orkusparnað og kannað hvort grundvöllur sé fyrir annarri varma-dælu. Með þessu móti virðist mega anna nokkurn veginn áætlaðri orkuþörf Akureyrarbæjar fram yfir 1990. Þó getur hugsast að grípa þurfi til svartolíuketilsins stöku sinnum í verstu kuldaköstum. Jafnframt þarf að vinna markvisst að vatnsöflum á þeim jarðhitasvæðum í Eyjafirði sem hugsanlega gætu gefið hitaveitunni aukna orku. Er þar einkum átt við Botn og efra svæðið á Glerárdal. Kanna þarf hvort fjárhagslegur grundvöllur sé fyrir því að virkja jarðhitasvæðið á Reykjum í Fnjóskadal í lok þessa tímabils. Reynist svo vera þarf að halda þar áfra rannsóknum og borunum næstu árin.

EFNISYFIRLIT

	bls.
ÁGRIP	2
EFNISYFIRLIT	3
MYNDA- OG TÖFLUSKRÁ	4
1 INNGANGUR	5
2 STAÐA RANNSÓKNA OG VINNSLU Á JARÐHITASVÆÐUM Í EYJAFIRÐI	7
2.1 Syðra-Laugaland	7
2.2 Ytri-Tjarnir	9
2.3 Botn	10
2.4 Hrafnagil	12
2.5 Grísará	14
2.6 Kristnes	14
2.7 Grýta	15
2.8 Önnur svæði í Hrafnagils og Öngulsstaðahreppum	16
2.9 Glerárdalur	16
2.10 Laugaland á Þelamörk	18
2.11 Reykir í Fnjóskadal	19
3 VATNSLEITARKOSTNAÐUR 1971 - 1982	21
4 FJÖLDI BORHOLA OG HITNI	24
5 ORKUÖFLUNARKOSTIR HITAVEITUNNAR	25
5.1 Samanburður orkuverðs mismunandi orkugjafa	25
5.2 Samanburðarútreikningar VN og VST	26
5.3 Hagkvæmni frekari borana að Botni og á Glerárdal	27
6 ORKUÞÖRF OG ORKUVINNSLA 1982-1990	32
6.1 Orkuþörf	32
6.2 Leiðir til frekari orkuöflunar	32
6.3 Hugmynd að orkuöflun næstu ára	38
HEIMILDIR	42

SKRÁ YFIR MYNDIR

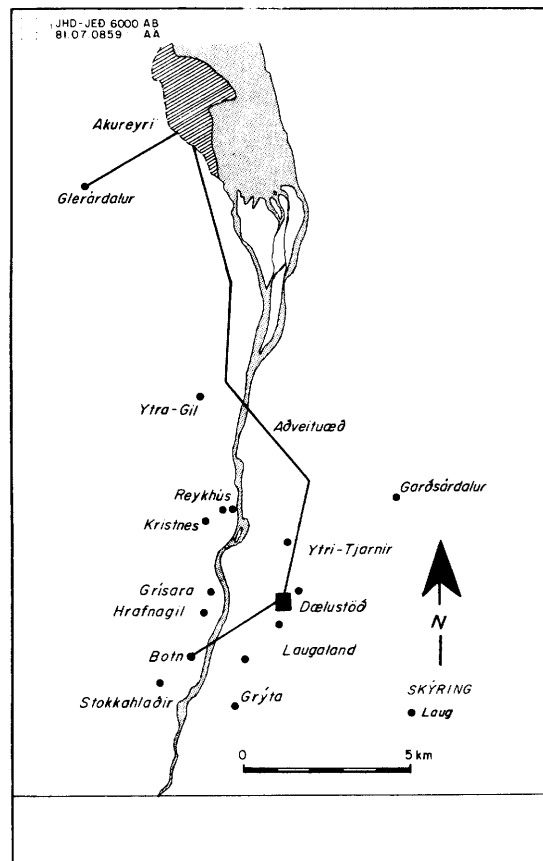
	bls.
1 Yfirlitskort	5
2 Hola LN-10, S-Laugalandi. Mæld og reiknuð vatnsstaða 1977-1990 ..	7
3 Laugaland. Vatnsvinnsla og vatnsstaða	8
4 Ytri-Tjarnir. Dæling úr holu TN-4 og vatnsborð í holum TN-10 og TN-2	9
5 Botn. Hola HN-10, vatnsborð og dæling	11
6 Vatnsborð í borholum í Eyjafirði	13
7 Glerárdalur. Vatnsborð og dæling	17
8 Yfirlit um boranir í Eyjafirði	24
9 Húshitunarkostnaður hinna ýmsu hitaveitna sem fall af aldri	26
10 Leiðir til orkuöflunar fyrir Hitaveitu Akureyrar næstu árin	41

SKRÁ YFIR TÖFLUR

1 Mat á jarðhitastöðum í Eyjafirði	6
2 Kristneslaugar, rennsli og hitastig	15
3 Glerárdalur. Vinnsluspá	18
4 Yfirlit um vatnsöflunarkostnað vegna hitaveitu Akureyrar	22
5 Samanburður á orkuverði	27

1 INNGANGUR

Á undanförnum árum hefur verið unnið kappsamlega að vatnsöflun fyrir Hitaveitu Akureyrar með borunum og jarðfræðirannsóknum. Á mynd 1 er yfirlitskort sem sýnir hin ýmsu jarðhitasvæði í nágrenni Akureyrar. Jarðhitasvæðin á Laugalandi og Ytri-Tjörnum í Öngulsstaðahreppi hafa ekki reynst eins gjöful og ætla mátti í fyrstu. Aðstreymi vatn að þessum svæðum hefur reynst mun minna en að öðrum þekktum jarðhitasvæðum þar sem jarðfræðilegar aðstæður eru hliðstæðar. Afkastageta þessara tveggja svæða hefur reynst minnka ört með tíma þannig að reynst hefur nauðsynlegt að draga úr dælingu til að halda vatnsborði á viðráðanlegu dýpi til dælingar.



Til að mæta minnkandi vinnslugetu jarðhitasvæðanna á Laugalandi og Ytri-Tjörnum hefur verið lagt mikið kapp á leit að nýjum vinnslusvæðum á síðustu árum. Þeirri leit má í grófum dráttum skipta í tvennt.

Mynd 1 Yfirlitskort

Í fyrsta lagi hafa viðnámsmælingar og efnarannsóknir verið notaðar til að velja úr þau jarðhitasvæði sem líklegust væru til að skila umtalsverðum árangri við vinnsluboranir. Aukið var verulega við viðnámsmælingar á svæðinu frá Kræklingahlíð suður fyrir Munkaþverá og þær ásamt eldri mælingum túlkaðar á fullkomnari hátt en áður hafði verið hægt (tvívíð túlkun). Viðnám í jörðu í berggrunninum á lághitasvæðum á Íslandi fer fyrst og fremst eftir vatnsinnihaldi jarðlaganna. Lágt viðnám er merk um mikið vatnsinnihald í jörðu og öfugt. Með samamburði við viðnám í jörðu á stöðum þar sem upplýsingar um vatnsgæfni eru fyrir hend var líkleg vinnsluget hinna ýms jarðhitastaða á rannsóknasvæðinu metin (Ólafur G. Flóvenz og Brynjólfur Eyjólfsson 1981). Forsenda þessa mats er þó að svæðin séu innbyrðis óháð. Þá voru niðurstöður efnagreininga úr laugum og borholum notaðar til þess að meta líklegt hitastig þess vatns sem fengist við djúpbörun á hverjum stað. Tafla 1 sýnir niðurstöður þessa mats.

TAFLA 1 Hlutfallslegt eðlisviðnám, hitastig og afkastamat á nokkrum jarðhitastöðum í Eyjafirði, samkvæmt fyrirbyggjandi vitneskju haustið 1981.

Staður	Lægsta eðlisviðnám sem hlutfall af svæðisbundnu viðnámi	Líklegur hiti í vatnskerfi °C	Gróft mat á afkastagetu l/s	Afl miðað við nýtingu í 40°C MW	
Botn	0,29	90	40	8	*
Garðsá	0,57	50	15-20	<1	
Glerárdalur	0,25-0,5	70	30-70	5-12	*
Grísará	0,57	80	15-20	3	*
Grýta	0,45-0,65	80-90	10-40	2-8	
Hrafnagil	0,36	80-90	50	8-10	*
Kristnes	0,57	75	15-20	2-3	
S-Laugaland	0,14	95	90	12	*
Reykhús	0,92	78	<10	<1	
Stokkahláðir	1,0	60	<10	<1	
Ytra-Gil	0,71	50-60	<10	<1	
Ytri-Tjarnir	0,5	80	40	6	*

* Þýðir að matið hefur breyst frá 1981

Taflan sýnir gróft mat á líklegri afkastagetu hinna ýmsu jarðhita- staða og er eingöngu sett fram til að gefa hugmynd um hlutfallslega stærð svæðanna. Matið er hugsað sem leiðbeining við forgangsröðun rannsóknaverkefna. Það má alls ekki nota sem hönnunarforsendur af neinu tagi, né sem grundvöll að arðskiptum í samningum um jarðhita- réttindi.

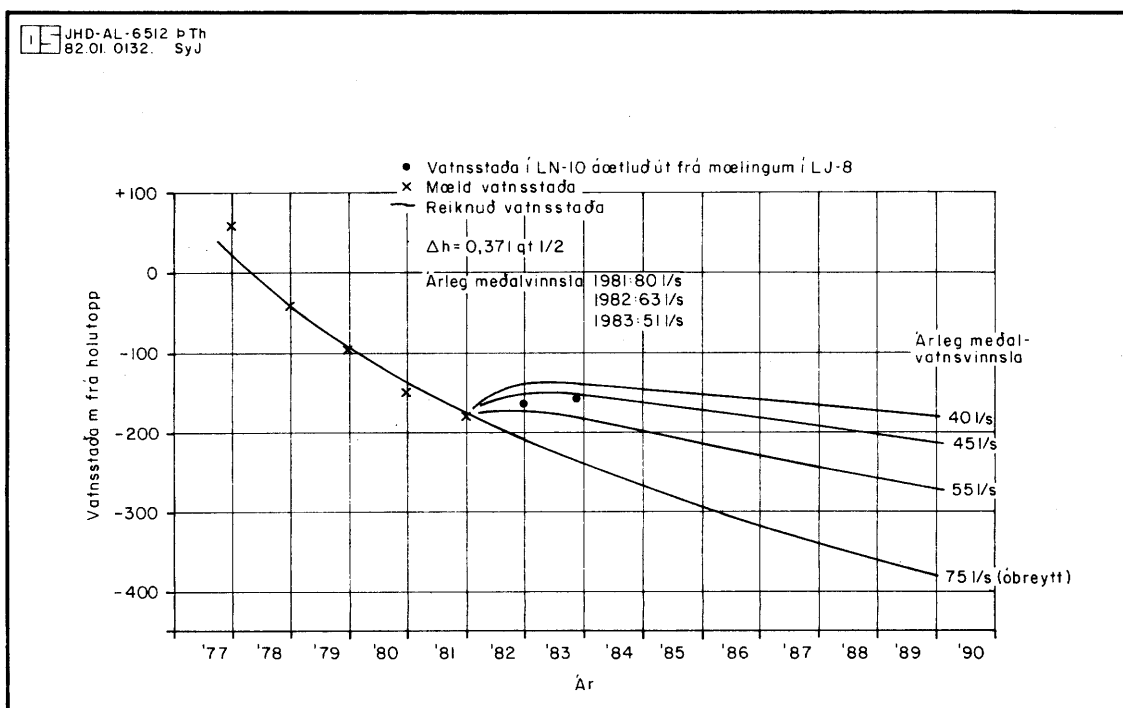
Þessi tafla var gerð samkvæmt þeim upplýsingum sem fyrir lágu haustið 1981. Síðan hefur vitneskja um sum jarðhitasvæðin aukist nokkuð. Því er ástæða til að fjalla nokkuð um einstök svæði að nýju.

Í öðru lagi hefur staðbundnum rannsóknaraðferðum svo sem segul- mælingum, viðnámssniðsmælingum, jarðfræðikortlagningu og borun grunnra rannsóknarhola verið beitt til þess að kanna legu aðfærsluæða lauga og volgra á hinum ýmsu jarðhitastöðum.

2 STAÐA RANNSÓKNA OG VINNSLU Á JARÐHITASVÆÐUM Í EYJAFIRÐI

2.1 Syðra-Laugaland

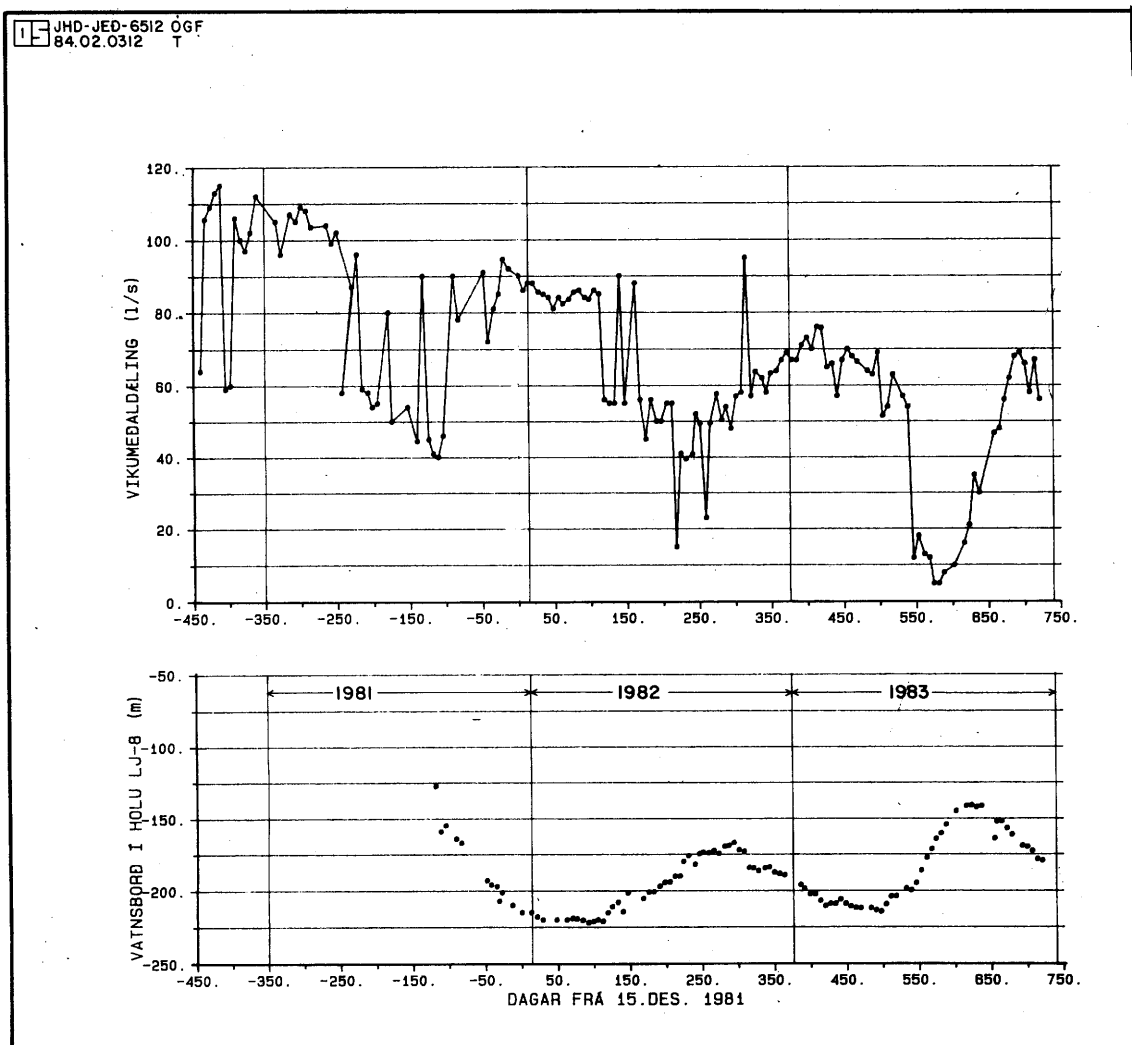
Frá því dæling hófst á Laugalandi og fram að vori 1982 lækkaði vatnsborð á Laugalandssvæðinu ört. Í árbyrjun 1982 setti Jarðhitadeild Orkustofnunar fram það mat að minnka yrði ársmeðaldælingu af Laugalandssvæðinu í u.þ.b. 50 l/s ef halda ætti vatnsborði á næstu árum ofan þess dýpis sem núverandi Floway dælur á Laugalandi ráða við. Vegna tilkomu vinnslu af Glerárdal í maí 1982 hefur reynst unnt að draga til muna úr dælingu af Laugalandi að sumarlagi þannig að vatnsborð þar hefur ekki fallið frá því sem það var lægst veturinn 1981-82.



Mynd 2 Hóla LN-10, S-Laugalandi. Mæld og reiknuð vatnsstaða 1977-1990.

Mynd 2 sýnir vinnsluspána sem sett var fram í árslok 1981. Inn á myndina hefur einnig verið merkt vatnsstaða í árslok 1982 og 1983 og ársmeðaldæling áráanna 1981-1983. Dregið hefur verið úr dælingu úr um 80 l/s árið 1981 í um 63 l/s árið 1982 og í um 51 l/s árið 1983. Árangurinn hefur orðið sá að vatnsborð á svæðinu hefur hækkað nokkurn veginn í samræmi við það sem vinnsluspáin frá desember 1981 gerði ráð fyrir, þó heldur meira ef eitthvað er.

Mynd 3 sýnir samband dælingar úr vinnsluholum svæðisins og vatnsborðs á svæðinu, mældu í holu LJ-8, sem ekki er dælt úr



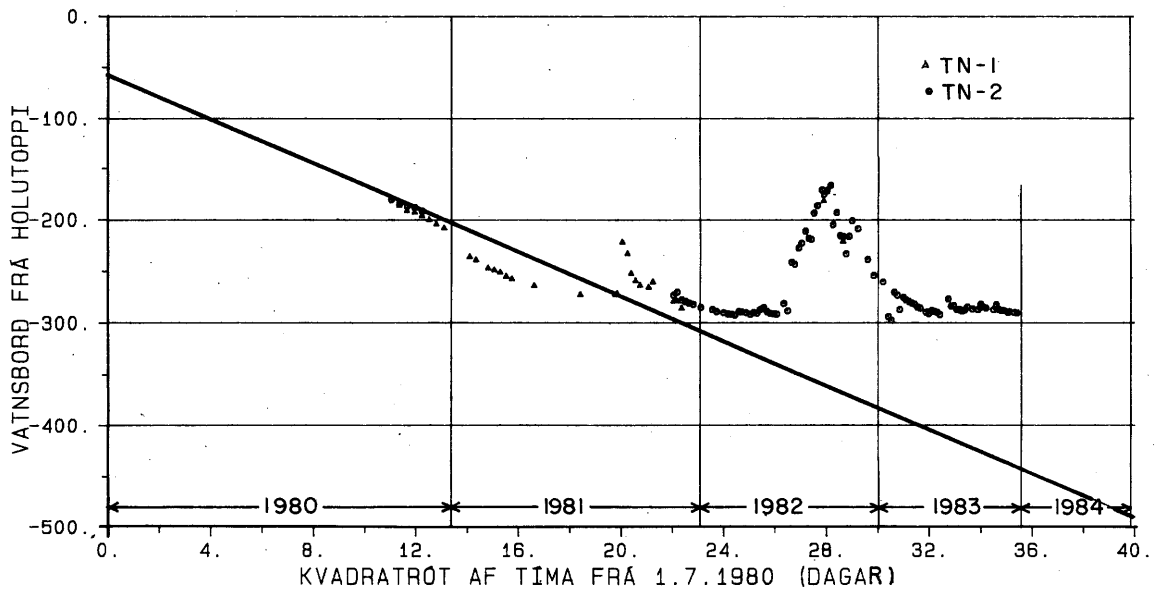
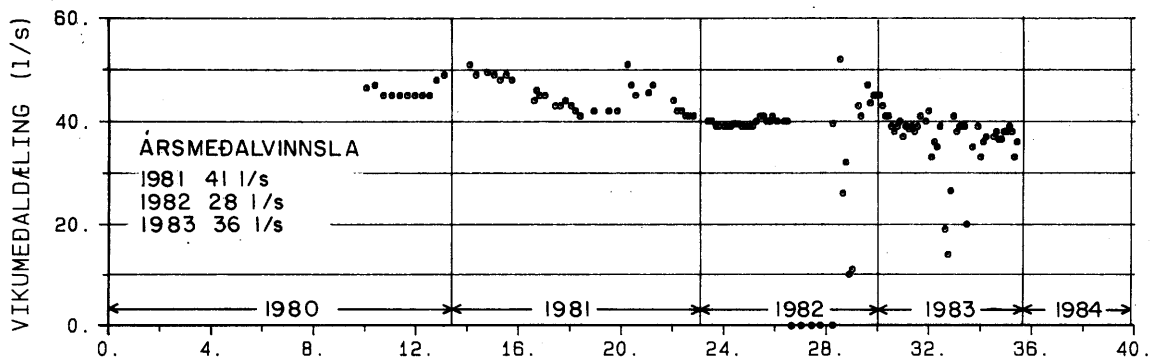
Mynd 3 Laugaland. Vatnsvinnsla og vatnsstaða.

Ekki er þess þó að vænta að unnt sé að vinna nema 40-50 l/s á Laugalandssvæðinu að meðaltali á ári næstu tíu árin, nema með breyttum dælbúnað sem leyfir meiri niðurdrátt en núverandi dælur. Með því að hvíla Laugalandssvæðið á sumrin má þó dæla meiru á veturnum þegar hitunarpörfin er mest. Laugalandssvæðið er nú talið fullnýtt og engin akkur í frekari borunum þar.

2.2 Ytri-Tjarnir

Um Ytri-Tjarnir er svipaða sögu að segja og Laugaland. Niðurdráttur hefur vaxið mjög með tíma sakir tregs aðrennslis að sprungukerfinu sem vatnið er unnið úr. Á Ytri-Tjörnum er notuð dæla sem hefur ælu-mótorinn niðri í holunni (REDA-dæla). Með því móti má draga meira niður í holunni en með hefðbundnum dælubúnaði.

JHD-JEÐ-6512 ÓGF
84.01.0036 AA



Heildregna línan sýnir áætlað samband vatnsborðs og tíma miðað við 45 l/s ársmeðaldælingu (byggt á fyrirliggjandi gögnum í jan 1982)

Mynd 4 Ytri-Tjarnir. Dæling úr holu TN-4 og vatnsborð í holum TN-1 og TN-2.

Mynd 4 sýnir vatnsvinnslu af Ytri-Tjarnasvæðinu ásamt vatnsstöðu þar sem fall af tíma. Ársmeðaldæling var 41 l/s árið 1981, 28 l/s árið 1982, en þá var svæðið hvílt í um 3 mánuði um sumarið, og 36 l/s árið 1983. Árin 1980 og 1981 féll vatnsborðið mjög hratt með tíma. Í árslok 1981 var sett fram vinnsluspá sem sýndi hvernig vatnsborð myndi falla næstu árin ef dælingu yrði haldið í 45 l/s áfram. Spá þessi er sýnd með heildreginni línu á mynd 3. Var talið að minnka þyrft dælingu í 20-25 l/s næstu árin ef halda ætti vatnsborði á svipuðu dýpi og það var í árslok 1981. Að meðaltali hefur verið dælt 32 l/s af svæðinu síðustu tvö ár (1982 og 1983) og hefur vatnsborð lítið fallið frá því í árslok 1981. Til að halda svipuðum niðurdrætti næsta áratug virðist ársmeðaldæling ekki mega fara yfir 20-30 l/s. Jarðhitasvæðið á Ytri-Tjörnum má því teljast fullnýtt.

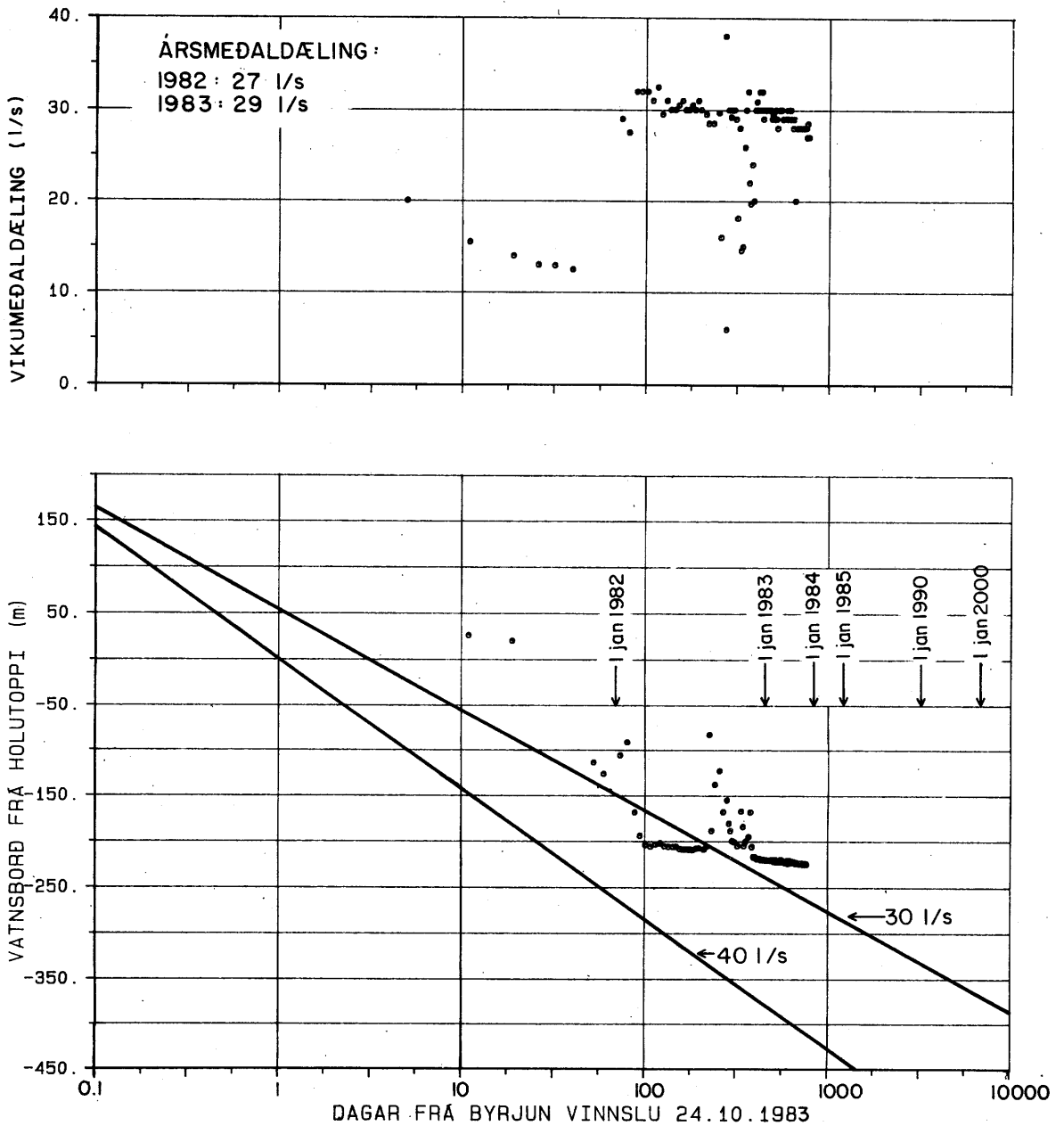
2.3 Botn

Á jarðhitasvæðinu við Botn hafa verið boraðar tvær holur. Sú fyrri, kölluð HN-10, er í landi Hrafnagils. Úr henni hefur verið dælt að meðaltali tæpum 28 l/s frá því dæling hófst í desember 1981. Ársmeðaldæling árið 1983 nam 28,7 l/s en 26,8 l/s árið 1982, en þá var svæðið hvílt hluta sumarsins.

Mynd 5 sýnir hvernig vikumeðaldæling og vatnsborð hafa breyst á þessum tíma. Heildregnu línurnar á myndinni sýna reiknað vatnsborð miðað við 30 og 40 l/s vatnsvinnslu, reiknað út frá skammtíma prófunum á holunni skömmu eftir borlok (Þorsteinn Thorsteinsson 1981). Eins og sjá má féll vatnsborð heldur lengra niður í upphafi dælingar en áætlað var en síðan hefur vatnsborðið fallið talsvert minna með tíma en reiknaði ferillinn gerði ráð fyrir, eða um nálega 25 m á tveimur árum. Virðist mega gera ráð fyrir því að vatnsborð haldist ofan 240 m í nokkur ár með svipaðri meðaldælingu og fram að þessu. Nokkrar sveiflur hafa verið á hita vatnsins ef marka má hitamæli við holutopp. Í upphafi dælingar var hitastig vatnsins um 86°C. Það lækkaði í 84°C snemma vors 1982, hækkaði aftur í 86°C þá um sumarið en hefur farið lækkandi frá því vorið 1983 og er nú um 84°C.

Yngri holan er kölluð BN-1 og er í landi jarðarinnar Botns í um 70 m fjarlægð frá HN-10. Hún var boruð á tímabilinu 1/7-3/12 1981. Í nóvember skar holan háþrýsta vatnsæð á 1756 m dýpi. Úr henni var 2-3 l/s sjálfrennsli meðan dælt var með liðlega 200 m niðurdrætti úr HN-10. Snemma í júlí 1983 hófst dæling úr holu BN-1 og var um miðjan desember sama ár dælt um 6 l/s af 94°C vatni með 173 m niðurdrætti.

JHD-JED-6510 ÖGF
84.01.0037 AA



Mynd 5 Botn. Hóla HN-10, vatnsborð og dæling.

Líkur eru því til þess að í grennd holanna við Botn sé vatnskerfi sem þolir meiri vatnstöku en nú er. Aðin á 1756 m dýpi í BN-1 er tengd þessu kerfi. Meginvandamálið er, að ekki er ljóst hvar bora skuli til að hitta á sprungur sem tilheyra þessu vatnskerfi. Ekki er líklegt að hjálp sé í frekari yfirborðsrannsóknnum. Segulmælingar hafa þegar verið gerðar en sölt setlög sem hylja dalbotninn og teygja sig alveg að

Botnslaug draga mjög úr notagildi viðnámsniðsmælinga. Til álita kemur að bora 10-15 100-200 m djúpar rannsóknaholur á svæðinu til að kortleggja hitastig á þessu dýpi, en með því móti er hugsanlegt að fá mætti upplýsingar um legu helstu vatnsæða í efstu 200-300 metrunum. Aðstæður til slíkra rannsóknaboranna eru hins vegar erfiðar, dýrt getu reynst að gera borplön úti í mýrlendinu og hætta er á hruni í lausu jarðlögunum sem eru víða mjög þykk á þessum slóðum. Því gætu slíka rannsóknaboranir orðið ærið kostnaðarsamar og ekki víst að uppskeran yrði í samræmi við erfiðni og kostnað. Þá er einnig hugsanlegt að bora 10-15 m djúpar holur í mýrlendinu austur af Botnslaug til að kanna þann möguleika að heitt vatn komi upp úr berggrunninum austan Botnslaugar. Slíkar holur yrðu boraðar með svokölluðum Borro-bor sem er léttur og getur ekið um mýrlendið á beltum. Loks er fyrir hendi sá möguleiki að leita fyrir sér með djúpri skáholu. Líklegast er að jarðhitasprungur við Botn fylgi norðlægri stefnu. Með því að bora þvert gegnum svæðið frá vestri til austurs eru meiri líkur á að hitta á nær lóðréttar vatnsæðar en þegar borað er lóðrétt eins og hingað til hefur tíðkast. Í kafla 5 hér á eftir er fjallað nokkuð um hve miklu fé sé réttlætunlegt að verja til borana við Botn án þess að orkuverð þaðan yrði herra en verð á orku frá rafskautskatli eða varmadælu.

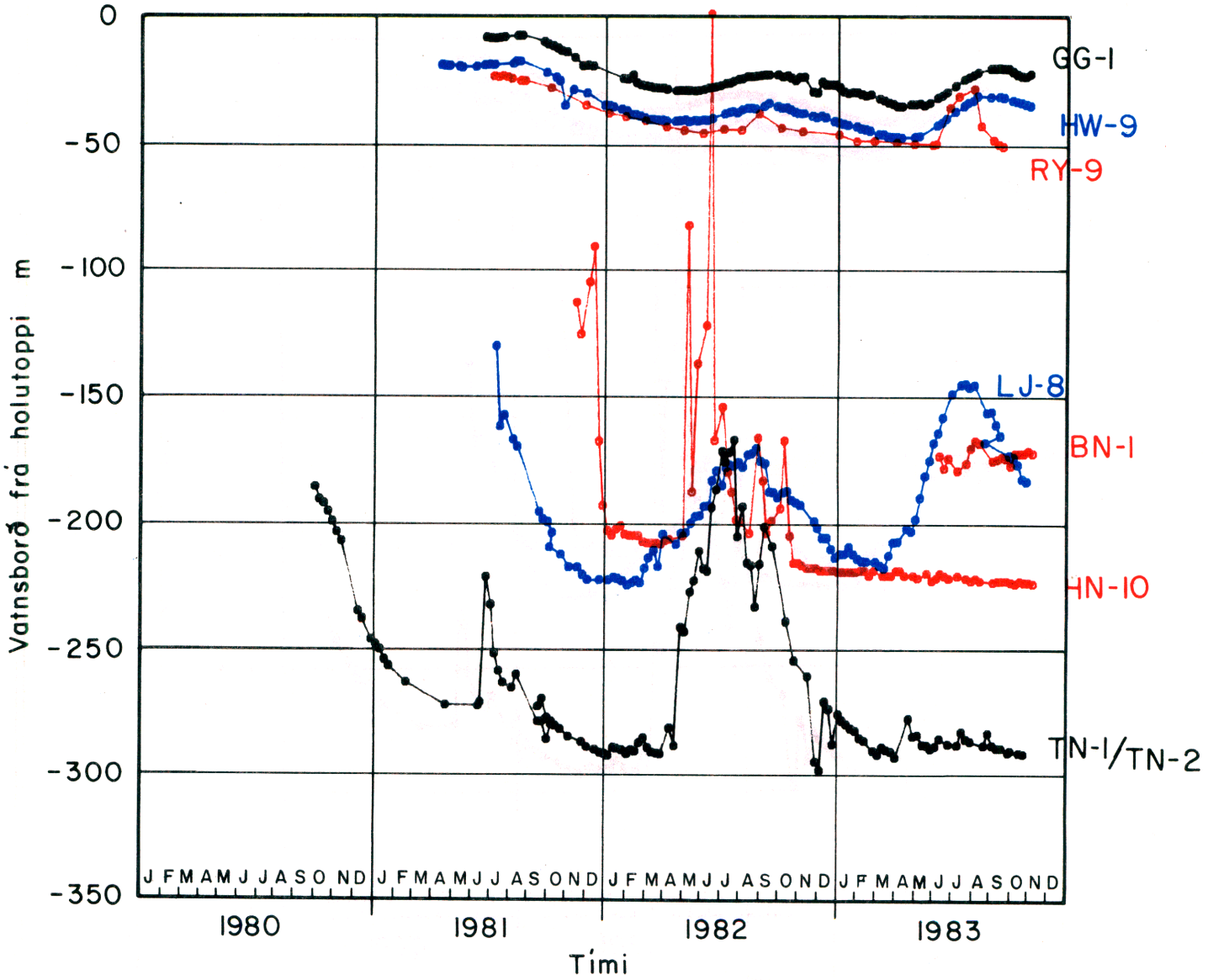
2.4 Hrafnagil

Í töflu 1 er Hrafnagil talið vænlegasta óvirkjaða jarðhitasvæðið á grundvelli viðnámsmælinga og hitastigs, þó að því tilskildu að svæðið sé vatnafræðilega ótengt öðrum vinnslusvæðum. Á síðastliðnum tveimur árum hafa komið fram vísbendingar þess efnis að Hrafnagilssvæðið sé tengt einhverju öðru vinnslusvæði í Eyjafirði. Komið hefur í ljós ársveifla í vatnsborði í holu HY-3 við Hrafnagil (mynd 6) sem ekki verður skýrð nema með árstíðabundinni vatnstöku af einhverju hinna þriggja vinnslusvæða í nágrenninu, Ytri-Tjarna, Laugalands eða Botns.

Af fyrirliggjandi gögnum verður ekki ráðið hvaða vinnslusvæði á hér í hlut. Hitamælingar í borholum við Hrafnagil benda til þess að uppstreymisrás Hrafnagilslaugar hafi norðaustlæga stefnu og liggi talsvert suðaustan holu HY-8 (Helga Tulinius o.fl. 1983). Þótt í ljós hafi komið að Hrafnagilssvæðið sé ekki óháð öðrum jarðhitasvæðum er ekki þar með sagt að óhætt sé að afskrifa það sem vinnslusvæði. Ef tengslin eru við Botn vaknar sú spurning, hvort þess vatns, sem vitað er um í nánd Botnssvæðisins en ekki hefur tekist að hitta á með borunum, sé ekki einmitt að leita við Hrafnagil, nánar tiltekið nokkru austan borsvæðisins við félagsheimilið. Þess vegna ber að leggja áherslu á að kanna hugsanleg tengsl milli vatnsborðs á jarðhitastöðunum á Hrafnagili og Botni og borun 500 m djúprar rannsóknarholu í grennd Hrafnagilsskóla.

JHD-JEÐ-6000 ÓGF
83.12.1786 AA

VATNSBORÐ Í BORHOLUM Í EYJAFIRÐI



Mynd 6 Vatnsborð í borholum í Eyjafirði

2.5 Grísará

Frá því tafla 1 var gerð haustið 1981 hefur komið í ljós árssveifla í vatnsborði holu GG-1 við Grísará (mynd 6). Það sýnir að vatnskerfið við Grísará er tengt einhverju hinna þriggja vinnslusvæða í Eyjafirði. Með tilliti til þess og vegna herra eðlisviðnáms í jörðu við Grísará en Hrafnagil eru nú taldar litlar líkur til þess að umtalsvert sjálfstætt vatnskerfi sé að finna við Grísará.

2.6 Kristnes

Reglubundnar athuganir á rennsli Kristneslauga undanfarin ár hafa sýnt að rennsli úr laugunum hefur verið nokkuð stöðugt og ekki virst breytast með tíma. Hitaveita Akureyrar hefur mælt rennslið nokkuð reglulega en sá galli hefur verið á þeim mælingum að ekki hefur verið tekinn með sá hluti vatnsins sem Kristnesbærinn notar. Starfsmenn Orkustofnunar hafa einnig mælt rennslið nokkrum sinnum undanfarin ár með því að loka fyrir allt útrennsli úr þrónum og mæla hve langan tíma tiltekin vatnsborðshækkun hefur tekið. Niðurstöður þessara mælinga er að finna í töflu 2. Sumarið 1983 bárust kvartanir frá forráðamönnum Kristneshælis um að vatnið í Kristneslaug færi þverrandi. Sigmundur Einarsson jarðfræðingur fór þá á staðinn og kannaði málið. Kom þá í ljós að meginskýring vatnspurrðarinnar var bilun í lögninni að Kristneshæli en jafnframt kom í ljós að rennsli úr Kristneslaugum mældist minna en áður hafði mælst (sjá töflu 2). Þann 19. janúar 1984 voru Kristneslaugar enn mældar. Efri laugin var nú mæld við mismunandi hæð í þrónni. Kom í ljós að rennslið er mjög háð vatnshæðinni í þrónni. Við lágstu vatnsstöðu voru 74 cm frá brún þróar að vatnsborði og mældist rennsli þá 0,57 l/s. Þegar vatnsborð stóð 20 cm hærra mældist rennslið aðeins 0,39 l/s. Þetta þýðir að lítill þrýstingur er á vatnin og því væntanlega mögulegt að auka vatnsrennsli nokkuð með örgrunnum borunum (10-30 cm). Ekki verður því séð að neitt hafi dregið af Kristneslaug þrátt fyrir vatnsvinnslu á öðrum jarðhitastöðum í Eyjafirði.

TAFLA 2 Kristneslaugar. Rennsli og hitastig

Dagsetning	Efri laug		Neðri laug	Mælt af
	Rennsli l/s	Hitastig °C	Rennsli l/s	
8.7.1981	0,54	58,5	0,20	SE
29.3.1982	0,48	58,4	0,19	SE/BE
30.12.1982	0,54		0,20	BE
25.06.1983	0,42-0,45 *	57,4		SE
27.06.1983	0,45	57,9	0,20	SE
19.01.1884	0,39-0,57	58,10	0,185	ÓGF/KS

* lægra gildið fékkst þegar mælt var við 5 cm lægri vatnsstöðu í þrónni.

Matið á vinnslugetu Kristnessvæðisins stendur því óbreytt eins og það er sett fram í töflu 1. Mjög hefur gengið illa að finna aðfærsluæðar lauganna. Þrátt fyrir að boraðar hafa verið 4 holur á litlu svæði umhverfis þær hefur enn ekki tekist að finna eða fá áreiðanlegar vísbendingar um hvar aðfærsluæð Kristneslauga er. Að svo komnu máli er því ekki unnt að mæla með borun vinnsluholu þar, þótt grunnar holur beint ofan í laugina kæmu til álita til að leysa úr vatnsskortri við Kristnes.

2.7 Grýta

Ekki hefur enn orðið vart við minnkað rennsli í Grýtulaug. Hún er því eftir sem áður talin tengd sérstöku vatnskerfi. Rannsókkaboranir sem framkvæmdar voru í júní og desember 1982 benda sterklega til þess að vatnið sem upp kemur í Grýtulaug renni grunnt eftir láréttum jarðlögum frá uppstreymi talsvert ofar í hlíðinni. Ljóst er að dýpkun holu GRW-1 kemur ekki til greina og að sú vitneskja sem fengist hefur úr rannsókkarholunum og mælingunum er ekki næg til að réttlæta borun djúprar (1000-1500m) holu. Leggja þarf í talsverðan viðbótarkostnað í mælingum og rannsókkarborunum áður en réttlæt看legt verður að leggja í frekari djúpbörun við Grýtu. Í bili virðist því vatnsöflun við Grýtu ekki vera auðveldur eða ódýr kostur og því e.t.v. skynsamlegast að doka við meðan aðrir orkuöflunarkostir eru reyndir.

2.8 Önnur svæði í Hrafnagils- og Öngulsstaðahreppum

Auk þeirra sjö jarðhitastaða í Hrafnagils og Öngulsstaðahreppum sem taldir hafa verið upp hér að framan eru þar þekktir 6 aðrir. Þar er um að ræða Ytra-Gil, Reykhús, Kristnesvolgrur og Stokkahlaðir í Hrafnagilshreppi og Garðsárlaug og Mjaðmárdalslaug í Öngulsstaðahreppi. Engar frekari rannsókir hafa farið fram á þessum stöðum síðan tafla 1 var birt 1981.

Við Reykhús, Kristnesvolgrur og Stokkahlaðir er viðnám í jörðu hátt og því lítillar vatnsgengdar að vænta. Ekki er vert að eyða miklu fé til frekari rannsókna þar miðað við fyrirliggjandi upplýsingar.

Við Garðsárlaug er viðnámslögð sem bendir til nokkurar vatnsgengdar (sbr. töflu 1). Efnahitamælur benda til lágs hitastigs en þar sem rennsli er mjög lítið úr lauginni og sýnataka því erfið er ekki víst að þeir séu mjög áreiðanlegir. Því er ástæða til að gefa Garðsárlaug meiri gaum og stefna að borun hitastigulsholu þar. Áður þyrfti þó að gera viðnámsniðsmælingar til undirbúnings.

Laugin á Mjaðmárdal er afskekkt og margra km gangur að henni frá vegi. Landþrengsli eru þar mikil og þær takmörkuðu athuganir sem þar hafa farið fram benda ekki til þess að auðvelt verði að finna aðstremisæð laugarinnar. Því er varla að vænta búbotar handa Hitaveitu Akureyrar af Mjaðmárdal.

Við Ytra-Gil hafa niðurstöður viðnámsmælinga reynst nokkuð tvíræðar. Laugin sjálf kemur upp í ánni og því er sýnataka til efnagreininga erfið. Með tilliti til nálægðar við Akureyri gæti verið rétt að stefna að borun grunnrar rannsóknarholu á svæðinu. Áður þyrfti þó að gera þar viðnámsniðsmælingar.

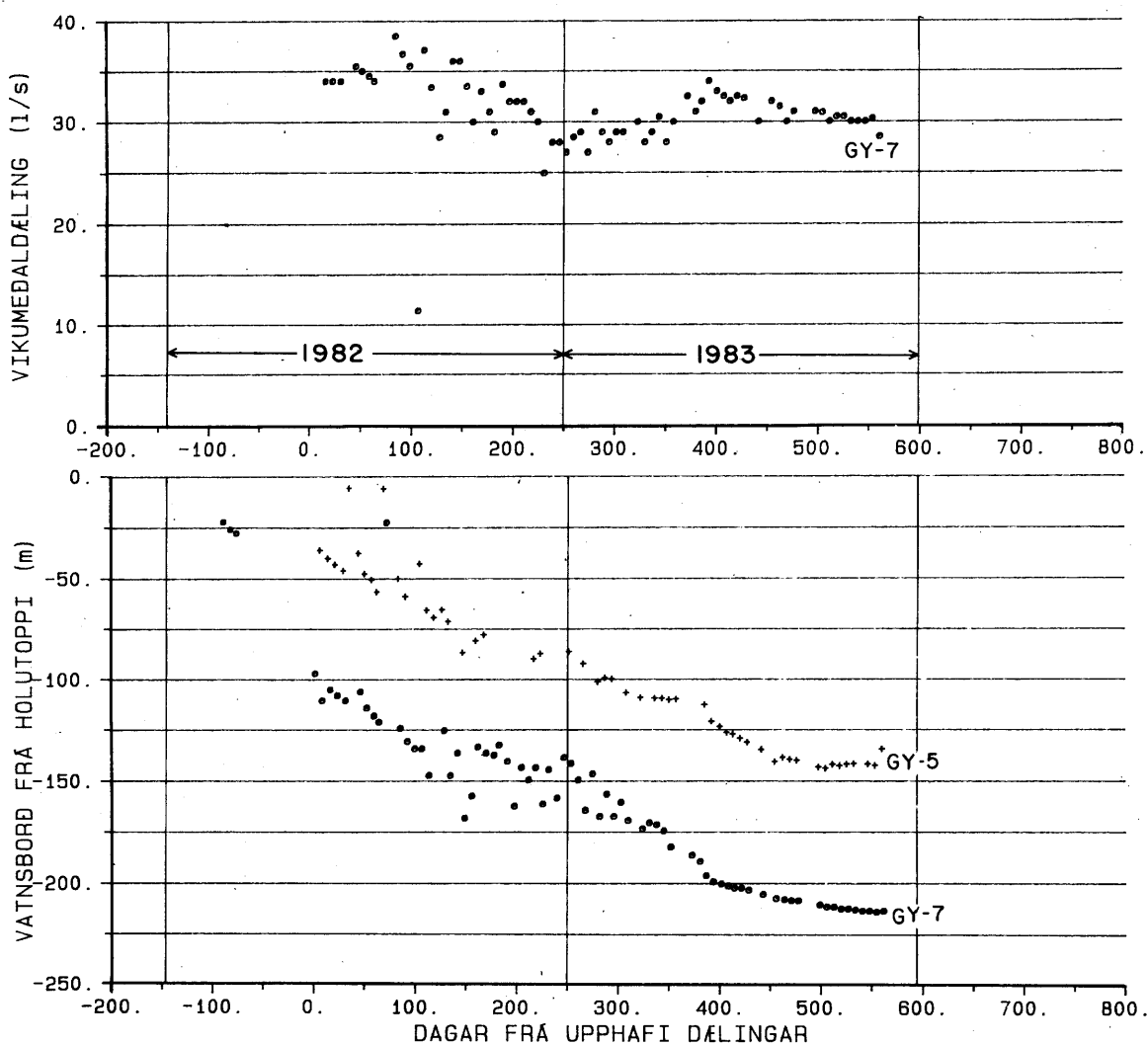
2.9 Glerárdalur

Á Glerárdal hafa verið boraðar 8 rannsóknarholur, 100-300 m djúpar, frá því Jarðhitadeild hóf könnun á svæðinu fyrir Hitaveitu Akureyrar árið 1980. Ein þessara hola, GY-7, var síðan rýmd, dýpkuð og fóðruð.

Vatnsvinnsla hófst úr holu GY-7 í maí 1982 og hefur lengst af verið dælt þaðan um 30 l/s af 62°C heitu vatni. Mynd 7 sýnir vinnslu og vatnstöðu á Glerárdal. Framan af leit út fyrir að vinna mætti allt að 40-50 l/s úr þessu jarðhitakerfi. Um veturinn 1982-83 varð vart töluverðrar óreglu í vatnstöðu GY-7. Ekki er ljóst af hverju hún stafaði. Er líða tók að vori 1983 tók vatnsborð í holunni að falla hraðar en búast mátti við út frá falli vatnsborðs fyrstu mánuði

vinnslunnar. Hugsanlegt er að þarna gæti áhrifa þéttra skila í jarðhitakerfinu eða að neðra æðakerfi GY-7 hafi stíflast að hluta. Ef fyrri skýringin er rétt, má búast við að draga þurfi úr dælingu af Glerárdal næstu árin ef halda á vatnsborði ofan 240 m dýpis og enn fremur að ekki sé að vænta viðbótarvatns þótt frekar verði borað í lágviðnámsvegg þann sem GY-7 er boruð við. Tafla 3 sýnir hvernig búast má við að vatnsborð á Glerárdal komi til með að hegða sér með tíma.

JHD-JED-6000 ÖGF
84.02.0311 T



Mynd 7 Glerárdalur. Vatnsborð og dæling.

TAFLA 3 Glerárdalur. Vinnuspá

Dags.	Tími í árum	Reiknað vinnsluvatnsborð m frá holutoppi		
		15 l/s	20 l/s	30 l/s
Maí 1983	0	41	149	172
Maí 1984	1	128	162	239
Maí 1985	2	145	191	289
Maí 1986	3	163	217	332
Maí 1988	5	194	262	404

Jarð- og jarðeðlisfræðirannsóknir á Glerárdal vekja nokkra von um að annað vatnskerfi kunni að vera að finna ofar á Glerárdal, í grennd við holur GY-8, GY-10 og GY-12. Engin þessara hola er nógu djúp til að ná niður í þetta hugsanlega vatnskerfi þannig að ekki er vitað hvort þessi tvö kerfi eru tengd. Til að kanna efra kerfið nánar þarf að bora þar 1000-1500 m djúpa borholu. Þar sem lega og halli vatnsæðanna í efra kerfinu er ekki nógu nákvæmlega þekktur væri æskilegt að bora holuna á ská. Þá er einnig rétt að benda á að efnahitamælur gefa til kynna að vænta megi 70°C heits vatns af Glerárdal.

2.10 Laugaland á Þelamörk

Á árinu 1983 hefur Jarðhitadeild Orkustofnunar unnið að úttekt á jarðhitasvæðinu á Laugalandi á Þelamörk. Unnið hefur verið úr segulmælingum sem mældar voru sumarið 1979, gerðar voru viðnámssniðsmælingar, borholur mældar og svarf endurgreint. Niðurstöðurnar eru í meginráttum þær að fundist hefur með viðnámssniðsmælingum ákveðin vísbending um vatnsleiðandi sprungu. Þær holur sem boraðar hafa verið á Laugalandi á Þelamörk fram til þessa eru allfjarri sprungunni. Svæðisbundið eðlisviðnám umhverfis Laugaland er 250-400 ohmm en við jarðhita- staðinn sjálfan fellur það í 120 Ohmm. Þetta eru svipuð gildi og fengist hafa við jarðhitasvæðið í Urriðavatni í Fellahreppi þar sem um er að ræða svæði sem gefur af sér 30-40 l/s. Virðast því forsendur fyrir hendi til að halda áfram könnun á Laugalandssvæðinu. Slík framhaldskönnun felur í sér örlitla viðbót viðnámssniðsmælinga og rannsóknarboranir.

2.11 Reykir í Fnjóskadal

Vorið 1982 birti Jarðhitadeild Orkustofnunar skýrslu með niðurstöðum rannsóknarborana við Reyki haustið 1980. Í skýrslunni var lagt til að hola RY-4 yrði dýpkuð þar sem allar líkur bentu til að hún stefndi á aðfærsluæð hveranna. Af tæknilegum ástæðum reyndist ekki unnt að dýpka þessa holu heldur var ráðist í borun nýrrar holu rétt við holu RY-4.

Holan var boruð með jarðbornum Glaum í nóvember og desember 1982. Holan hitti á aðfærsluæðar hveranna á 267 m dýpi. Vatnsæðar komu fram sem skoltap í borun en þegar hætt var að dæla niður kælivatni hófst sjálfrennsli úr holunni. Talið er að nokkrar æðar hafi komið í holuna neðan þessa dýpis. Mest mældist 20 l/s sjálfrennsli úr holunni meðan á borun stóð. Hiti mældist um 115°C í vatnsæðinni á 267 m dýpi. Þar sem mælirinn sem notaður var er ekki áreiðanlegur við hærri hita en 100°C ber að taka þessa tölu með nokkurri varúð. Reynt var að loftdæla úr holunni en sakir bilunar í loftpressu varð að hætta eftir 5 klst. dælingu. Um 70 l/s var ausið úr holunni í dælingunni. Þessi loftdælingartími var allt of skammur til að unnt sé að segja nokkuð um afköst holunnar út frá dælingunni. Líklegt er að hluti þessa vatnsmagns hafi komið úr vatnsósa jarðlögum í næsta nágrenni hveranna og því ólíklegt að holan gefi raunverulega þessa 70 l/s nema í mjög skamman tíma. Ákveðið var að gera ekki frekari prófanir á holunni að þessu sinni. Frá því borun lauk hefur holan verið opin og verið sjálfrennsli úr henni. Rennslismælir var settur á holuna og er lesið af honum með vissu millibili. Holan var mæld í sumar en úrvinnslu er ólokið. Gert er ráð fyrir að holunni verði lokað og fylgst með þrýstingi á holutoppi. Að því loknu kemur til greina að dæluþrýsta holuna.

Að loknum prófunum á þessari holu er líklegt næsta skref í rannsókn svæðisins borun vinnsluhola og prófun þeirra. Jafnframt þyrfi að bora allmargar hitastigulsholur til að kanna stærð jarðhitasvæðisins. Þessi rannsóknaráfangi er mjög kostnaðarsamur og vart ráðlegt að leggja út í hann nema Hitaveita Akureyrar taki þá stefnumótandi ákvörðun að vatn til upphitunar á Akureyri verði sótt til Reykja ef vinnsluboranir þar bera viðunandi árangur.

Jarðhitadeild Orkustofnunar hvetur eindregið til þess að Hitaveita Akureyrar athugi gaumgæfilega aðra mögulega orkuöflunarkosti áður en hugsanleg ákvörðun um virkjun Reykjasvæðisins verður tekin.

Þá er mikilvilvæg að þeir sem slíka ákvörðun kunna að taka geri sér ljóst að mörg ár geta liðið frá því vinnsluboranir og prófun vinnslu-

hola é Reykjum hefst og þar til óhætt er að hefjast handa við lagningu leiðslu að Reykjum. Astæðan er sú að kanna verður viðbrögð svæðisins við langtímadælingu til að ganga úr skugga um að afköst svæðisins þverri ekki ört með tíma eins og á Laugalandi og Ytri-Tjörnum.

3 VATNSLEITARKOSTNAÐUR ÁRIN 1971 - 1982

Í þeim umræðum sem átt hafa sér stað manna á meðal um hagkvæmni mismunandi orkugjafa til húshitunar ber háan bor- og rannsóknarkostnað oft á góma. Hins vegar hefur skort tölulegar upplýsingar um raunverulegan kostnað við boranir og rannsóknir. Í þessum kafla verður reynt að gera grein fyrir þeim bor- og rannsóknarkostnaði sem stofnað hefur verið til á jarðhitasvæðum í nágrenni Akureyrar síðan 1971. Er reynt að taka með í dæmið allan kostnaðinn hver svo sem hefur borið hann.

Borkostnaður var fundinn út á eftirfarandi hátt. Fyrir allar vinnslu-boranir fyrir Hitaveitu Akureyrar fram til 1980 var stuðst við útreikning Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen og Verkfræðistofu Norðurlands á borkostnaði í bandaríkjadöllum. Sú upphæð var síðan framreiknuð til verðlags í apríl 1983 miðað við 8% verðbólgu í Bandaríkjunum. Upplýsingar um kostnað við boranir eftir 1980 voru fengnar hjá Má Svavarssyni hjá Hitaveitu Akureyrar og upphæðir síðan færðar til verðlags í apríl 1983 samkvæmt byggingarvísitölu. Kostnaður við boranir á grunnum rannsóknarholum við Uppsali, Brúnalaug og Klauf ásamt kostnaði við boranir á holum nr 1-9 við Hrafnagil fékkst með því að finna meðalkostnað á bormetra við boranir Ýmis á Glerárdal, Grýtu, Kristnesi og Reykjum og margfalda með bordýpi á hverjum stað.

Rannsóknarkostnaðurinn var metinn á þann hátt að taldar voru saman allar þær rannsóknir sem Jarðhitadeild Orkustofnunar hefur framkvæmt á umræddum svæðum og reiknað út hvað kosta myndi að framkvæma þær á verðlagi í apríl 1983. Þetta mat er allónákvæmt en á þó að gefa nokkra hugmynd um rannsóknarkostnaðinn.

Niðurstöður kostnaðarmatsins eru sýndar í töflu 4. Þeim hluta rannsókna sem ekki var hægt að heimfæra sérstaklega upp á ákveðin jarðhitasvæði var deilt bróðurlega niður milli þeirra.

Sú orkuvinnslugeta sem talin er í töflunni er byggð á áætlaðri orkuvinnslu árið 1983.

Þegar vatnsleitarkostnaður (bor- + rannsóknarkostnaður) á orkueiningu var reiknaður út var stuðst við jöfnu 5.4 til að reikna fjármagnskostnað.

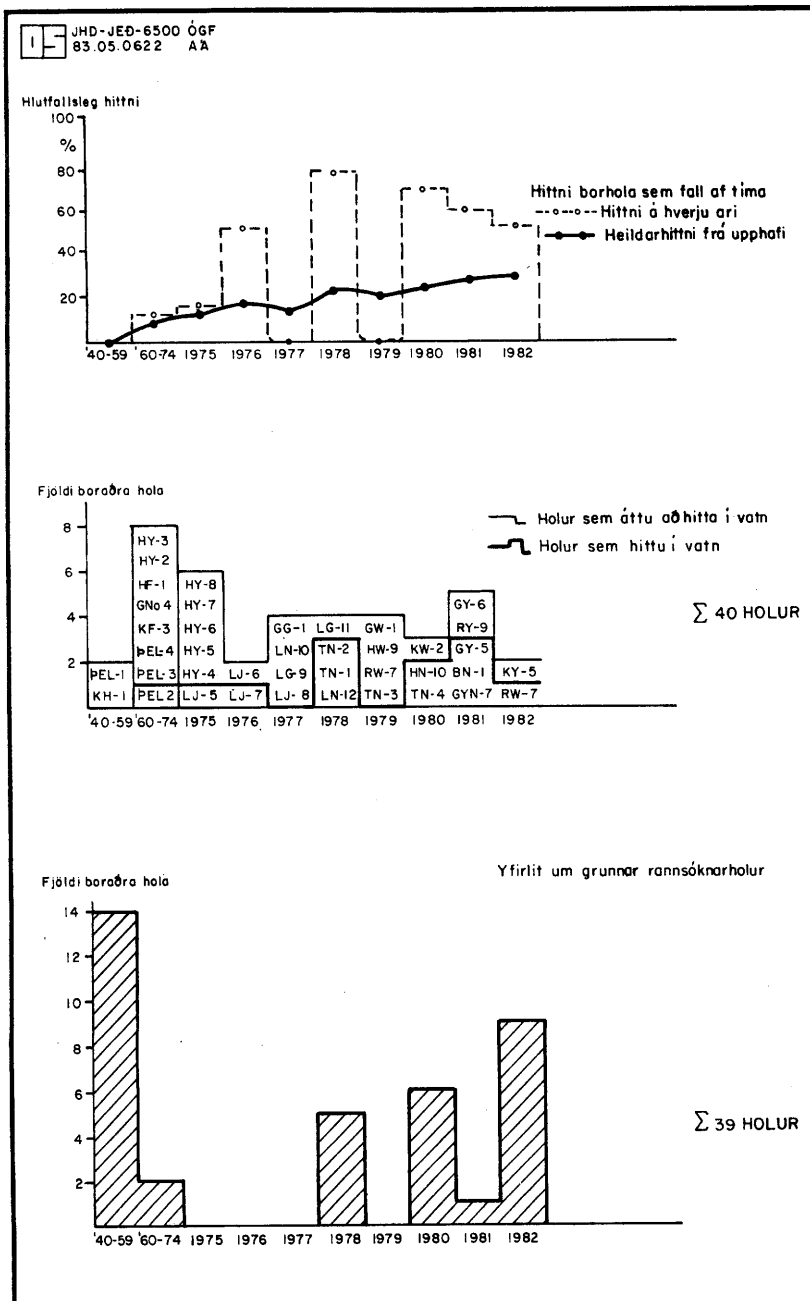
TAFILA 4 Yfirlit um vatnsöflunarkostnað vegna Hitaveitu Akureyrar.

	LAUGA- LAND.	YTRI- TJARNIR	BOTN	GLERÁR- DALUR	KRIST- NES	REYK- HÚS	HRAFNA GIL	GRÍSARÁ GRÝTA	REYKIR PELAM.	LAUGAL. SVÆÐI	ÖLL SVÆÐIN	
Kostnaður við mælingar og úrvinnslu, M\$	0,064	0,041	0,044	0,054	0,041	0,050	0,040	0,023	0,042	0,005	0,030	0,490
Kostnaður við grunnar rannsóknarholur M\$	0,045	0	0	0,203	0,074	0,048	0,021	0	0,093	0	0	0,53
Kostnaður við vinnsluholur M\$	6,706	3,010	0,677	0,162	0	0,611	0,410	0,534	0,214	0,112	0	12,43
Fjöldi vinnsluhola	9	4	2	1	0	1	6	1	1	1	3	29
Nýttar vinnsluholur	3	1	2	1	0	(1)	0	0	0	1	0	9(8)
Heildarvatnsleitar- kostnaður M\$	6,815	3,051	0,721	0,419	0,115	0,709	0,471	0,557	0,349	0,214	0,005	13,421
Orkuvinnslugeta á ári (nýting í 40°C) GWst/ár	110,8	43,6	60,2	32,3	0	3,5	0	0	0	ómetinn	óviss	250,4
Vatnsleitarrestnaður á orkueiningu (mill/kWst) (8% raunvextir og 25 ára afskriftartími)	5,8	6,6	1,1	1,2	19					ómetinn	óviss	5,0
Hlutfall rannsóknar- kostnaðar af vatnsleitarrestnaði	1,6%	1,3%	6,1%	61,3%	100%	7,1%	13%	4%	38,6%	47,7%	ómetinn	7,3%
Tengsl við önnur svæði	EKKI þekkt	EKKI þekkt	E.t.v. þekkt	EKKI þekkt	EKKI þekkt	Grísar þekkt	F.t.v. þekkt	Reykhús þekkt	EKKI þekkt	EKKI þekkt	EKKI þekkt	EKKI þekkt
Er líklegt að auka megi orkuvinnslu af svæðinu með frekari borunum	Nei	Nei	Já	Já	Já	Nei	Já	Nei	Já	Já	Já	Já
Næsti áfangi í rannsókn	Vinnslu- eftirlit	Vinnslu- eftirlit	Boranir	Boranir	Óviss	Enginn	Borun	Enginn	Óviss	Vinnslu- boranir	Mælingar, rannsboranir	

Ekki er ástæða til að fjölyrða sérstaklega um það sem í töflunni stendur en þó er vert að vekja athygli á tvennu. Í fyrsta lagi kemur í ljós að heildarvatnsleitarkostnaður á orkueiningu er um 140 aurar/kWst (des. 1983) eða nálægt 5 mill/kWst. Í öðru lagi sést að nokkur munur er á vatnsleitarkostnaði á orkueiningu á hinum ýmsu vinnslusvæðum. Hann er 5-6 sinnum hærri á Laugalandi og Ytri-Tjörnum en á Botni og Glerárdal. Orsökina er fyrst og fremst mikill borkostnaður á fyrrnefndu stöðunum. Á Ytri-Tjörnum er það borun TN-1 og síðan hreinsun hennar eftir að fóðurrör lögðust saman, sem veldur mestu um hinn mikla borkostnað. Á Laugalandi er það fyrst og fremst fjöldi djúpra dýrra hola sem veldur hinum mikla vatnsleitarkostnaði. Líklegt er að unnt hefði verið að spara drjúgan hluta þessa kostnaðar ef nægur tími hefði gefist til að kanna viðbrögð svæðisins við langtímadælingu eftir að tekist hafði að hitta á vatnsæðarnar þar. Þessi dæmi undirstrika rækilega nauðsyn þess að fara að öllu með gát í borunum, undirbúa boranir eins vel og kostur er og gefa sér góðan tíma til að meta svæðin þegar árangur hefur náðst.

4 FJÖLDI BORHOLA OG HITTNI

Á svæðum þeim sem rannsökuð hafa verið með tilliti til vatnsöflunar fyrir Hitaveitu Akureyrar hafa verið boraðar alls 79 borholur á árunum 1932-1982. Af þessum 79 holum má flokka 39 þeirra sem grunnar hitastigulsholur sem ekki var sérstaklega ætlað að hitta á vatnsæðar. Hinar 40 hafa verið boraðar með það í huga að hitta á vatnsæðar, annað hvort sem grunnar holur til að sanna eða afsanna grun um tilvist þeirra eða sem vinnsluholur til að vinna vatn úr þeim á meira dýpi (vinnsluholur). Af þessum 40 holum hittu 12 í mark eða 30%. Af þessum 12 eru 9 nýtanlegar til vatnsvinnslu. Mynd 8 sýnir fjölda borhola og hittni þeirra sem fall af tíma. Þar má sjá að hittnin hefur farið batnandi með árunum.



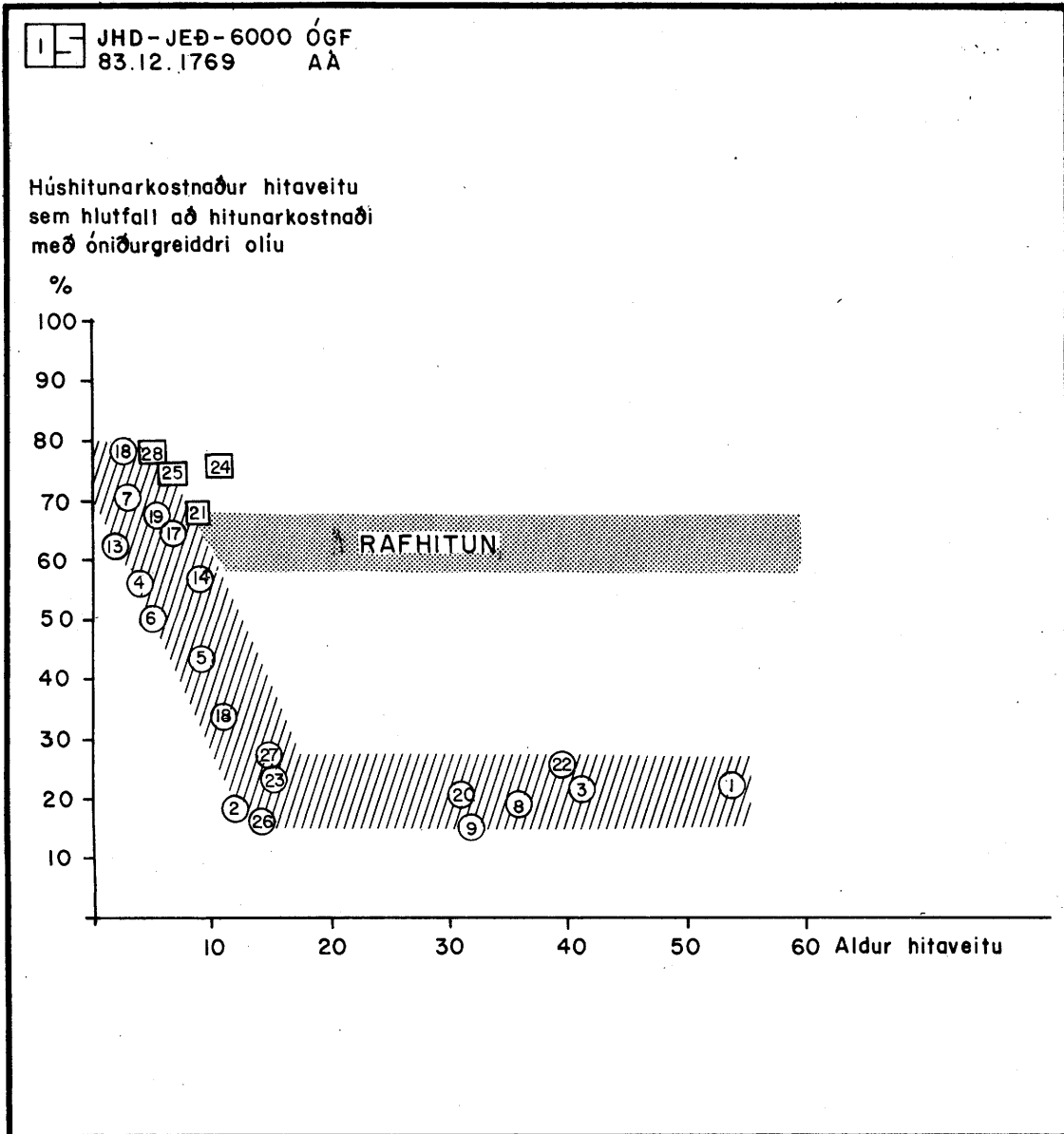
MYND 8 Yfirlit um boranir í Eyjafirði.

5 ORKUÖFLUNARKOSTIR HITAVEITUNNAR

5.1 Samanburður orkuverðs mismunandi orkugjafa

Samanburður á orkuverði mismunandi orkugjafa er alltaf mjög erfiðu einkum vegna mismunandi verðlagningar raforku og heits vatns. Þannig er orkuverð nokkurra hitaveitna nú hærra en sem nemur kostnaði við rafhitun aðrar eru mun lægri. Skýringarinnar er að verulegu leyti að leita í gerólíkri verðlagningu. Rafhitunarkostnaður héraendis er yfirleitt á bilinu 58-68% af kostnaði við hitun með óniðurgreiddri olíu (Rútur Halldórsson 1983). Hann er óháður því hvort leggja hefur þurft í sérstakan stofnkostnað á staðnum svo sem styrkingu raflína. Ekki er við því að búast að hann lækki með árunum nema til komi auknar niðurgreiðslur. Orkukostnaður hitaveitna er hins vegar mjög misjafn. Hann er hæstur fyrstu ár hvernar hitaveitu meðan verið er að greiða niður stofnkostnað veitunnar en lækkar síðan ört með tíma. Hitaveitur sem eru 15 ára og eldri búa undantekningalaust við orkuverð á bilinu 15-30% af hitunarkostnaði með óniðurgreiddri olíu. Þetta kemur glöggt fram á mynd 9 sem sýnir orkuverð hitaveitna sem fall af aldri þeirra. Af því má ráða að orkuverð hitaveitna falli almennt mjög ört með tíma, þ.e. meðan verið er að borga niður stofnkostnað veitunnar. Að vísu eru tvö atriði sem eru dálítið blekkjandi við þessa mynd. Í fyrsta lagi er stofnkostnaður margra nýrri hitaveitnanna meiri en þeirra eldri og í öðru lagi hefur fjármagnskostnaður vaxið undanfarin ár. Því má ekki búast við að orkuverð nýju hitaveitnanna falli eins ört og freistandi væri að ætla af mynd 9. Samt sem áður má telja líklegt að orkuverð flestra hitaveitna sem byggja á jarðvarma verði mun lægra en orkuverð rafhitunar þegar til lengri tíma er litið.

Á mynd 9 eru fjórar hitaveitur, sem átt hafa við sérstakan orkuöflunarvanda að etja, auðkenndar sérstaklega. Þar hafa boranir ekki skilað eins góðum árangri og vonir stóðu til og er orkuverð þar hærra en búast hefði mátt við. Hér er um að ræða hitaveitur Akureyrar, Siglufjarðar, Hríseyjar og Egilsstaðahrepps og Fella. Finnist viðunandi lausn á orkuöflunarvandanum með frekari borunum eða á annan hátt mun orkuverð á þessum stöðum lækka og væntanlega fara undir rafhitunarverð. Raunar hefur nú fundist í bili a.m.k. nokkur lausn á vanda Hitaveitu Egilsstaðahrepps og Fella og búast má við að orkuverð þar fari lökkandi.



Mynd 9 Húshitunarkostnaður hinna ýmsu hitaveitna sem fall af aldri.

5.2 Samanburðarútreikningar VN og VST

Í nýrri skýrslu Verkfræðistofu Norðurlands og Verkfræðistofu Sigurðar Thoroddsen á Akureyri er fjallað um orkupörf til húshitunar á Akureyri næstu tíu árin og samanburð á hagkvæmni mismunandi orkugjafa (Haraldur Sveinbjörnsson og Sigurður Hermannsson 1983). Reiknað er út hve mikið vatn þurfi að fá af borsvæðum í Eyjafirði á næstu tíu árum í sex mismunandi tilfellum. Þessi tilfelli eru:

1. Öll orka kemur frá borsvæðunum
2. Sett verði upp 2,6 MW varmadæla sem notuð verði 10 mán/ári

3. Sett verði upp 5,8 MW varmadæla til að nýta allan retúr í 10 mán/ári
4. Settur verði upp 12 MW rafskautsketill sem nýtist 7 mán/ári
5. Settur verði upp 12 MW rafskautsketill sem nýtist 9,5 mán/ári
6. Settur verði upp 12 MW rafskautsketill sem nýtist 12 mán/ári

Þá er reiknað út framleiðsluverð orku fyrir varmadelukostina tvo og 12 MW rafskautsketil sem nýtist í 7 mánuði á ári og það borið saman við orkuverð frá svartolíukatli hitaveitunnar. Í síðasttalda tilvikinu er ekki tekið tillit til vaxta og afskrifta. Niðurstöður eru sýndar í töflu 5.

TAFLA 5 Samanburður á orkuverði (verðlag í mars 1983)

Tegund orkuframleiðanda	Roftími á ári mánuðir	Orkuverð	
		kr/kWh	mill/kWh
Svartolíuketill		0,55	27,5
Varmadæla, 2,6 MW	2	0,17	8,5
Varmadæla, 5,8 MW	2	0,20	10,0
Rafskautsketill, 12 MW	5	0,22	11,0
Orkuverð frá miðlunargeymi skv. gjaldskrá í mars 1983		0,38	19,0

Í skýrslu verkfræðistofanna er ennfremur reiknað út hve langur tími myndi líða þar til meðalvatnsnotkun jarðhitasvæðanna yrði orðin jafnmikil og hún er nú (1983) ef valinn yrði einhver ofangreindra orkuöflunarleiða. Sá tími er 2,5 ár fyrir 2,6 MW varmadælu, 4,5 ár fyrir 5,8 MW varmadælu, 5,5 ár fyrir rafskautsketil með 5 mánaða roftíma og 8 ár fyrir rafskautsketil með 2,5 mánaða roftíma.

5.3 Hagkvæmni frekari borana við Botn og Glerárdal

Til að auðvelda ákvarðanatöku um orkuöflun fyrir Hitaveitu Akureyrar í nánustu framtíð verður hér á eftir reynt að meta hve miklu fé sé réttlæt看legt að verja í boranir og virkjunarframkvæmdir á Botni og á Glerárdal án þess að eiga það á hættu að orkuverð frá þessum stöðum verði hærra en orkuverð 5,8 MW varmadælu og rafskautsketils, þ.e. hærra en 11,0 mill/kWhst.

Á Botni er talið að unnt sé að vinna meira vatn úr jörðu ef heppnast að

hitta á vatnsæðar þess kerfis sem æðin á 1756 m dýpi í BN-1 er tengd (sjá kafla 2.3). Hér er reiknað með að ná megi viðbót sem nemur 30 l/s af 90°C vatni í ársmeðaldælingu en það jafngildir 54,8 GWst/ár. Þessi árangur er þó engan veginn tryggur, en hugsanlegur. Orkuverð viðbótarorku af einhverju jarðhitasvæðanna má reikna á eftirfarandi hátt:

$$V = R + F \quad (5.1)$$

þar sem V = orkukostnaður á orkueiningu (kr/kWst)
 R = kostnaður við dælingu af 240 m dýpi úr borholu og í miðlunartank á Akureyri (kr/kWst)
 F = vextir og afskriftir af stofnkostnaði á hverja orkueiningu (kr/kWst)

Samkvæmt upplýsingum hitaveitustjóra Wilhelms Steindórssonar var ársdælingarkostnaður á Botni, Laugalandi og Ytri-Tjörnum að miðlunartanki á Akureyri 5.835.801 kr á verðlagi í nóvember 1982. Ársmeðaldæling frá þessum stöðum var 120 l/s sem jafngildir 24,8MW í varmaafli miðað við nýtingu í 40°C. Ársorkuvinnslan nam því 210 GWst og dælingarkostnaður á hverja orkueiningu

$$R = (5.835.801 \text{ kr/ár}) / (210 \text{ GWst/ár}) = 0,0277 \text{ kr/kWst}$$

Ef Hitaveitan hefði orðið að kaupa þessa orku á smásöluverði RARIK hefði dælingarkostnaðurinn orðið 8.510.000 kr og dælingarkostnaður á orkueiningu því numið

$$R = 0,041 \text{ kr/kWst}$$

Ef miðað er við byggingarvísitölu 1432 í nóvember og 2213 í desember 1983 væri dælingarkostnaður á hverja orkueiningu n´

$$R = 0,042 \text{ kr/kWst (1,5 mill/kWst) miðað við heildsöluverð raforku og}$$

$$R = 0,063 \text{ kr/kWst (2,3 mill/kWst) miðað við smásöluverð raforku.}$$

Fjármagns- og afskriftakostnaður er reiknaður út miðað við jafnar árlegar greiðslur á afskriftatímanum (annuitet). Árleg greiðsla er, reiknað á föstu verðlagi:

$$f = aS \quad (5.2)$$

þar sem

$$a = r / (1 - (1 + r)^{-n}) \quad (5.3)$$

og

r = vaxtahlutfall
 n = afskriftatími
 S = heildarstofnkostnaður

Fjármagnskostnaður á orkueiningu er því

$$F = f / W = aS/W \quad (5.4)$$

þar sem

W = árleg orkuvinnsla

Með því að leysa saman jöfnur (5.1) og (5.4) fæst

$$S = W(V-R) / a \quad (5.5)$$

Þessa jöfnu má síðan nota til að finna út hve hár stofnkostnaðurinn má vera án þess að orkuverð fari yfir tiltekið verð, miðað við ákveðna vexti, afskriftatíma og orkuframleiðslu.

Í reikningum hér að neðan verður miðað við 8% vexti og 15 ára afskriftatíma eins og gert var í útreikningum VST og VN fyrir varma-dælur og rafskautskatla. Í því tilfalli fæst skv. jöfnu (5.3)

$$a = 0,1168$$

Í raun og veru ætti þessi afskriftatími að vera mun lengri á holunum sjálfum. Bæði er að vel frágengnar holur endast mun lengur og þegar að því kemur að leggja í endurnýjun þeirra má gera ráð fyrir að það kosti að öllu jöfnu mun minna en upphaflegar borframkvæmdir þar sem ekki þarf að gera ráð fyrir öðru en að ný hola á sama stað og sú, sem endurnýja á, hitti á vatnsæðarnar.

Þá er eðlilegt að gera ráð fyrir öðrum rekstrarkostnaði en raforku-kostnaði. Hér verður reiknað með því að hann nemi 1% af stofnkostnaði. Með því að fella hann inn í stuðulinn a fæst

$$a = 0,1268$$

Þá fæst með jöfnu (5.5) ef miðað er við heildsöluverð á rafmagni

$S = 54,8 \text{ GWst/ár} (11 \text{ mill/kWst} - 1,5 \text{ mill/kWst}) / 0,1268 = 4,1 \text{ M\$}$ eða 115 Mkr miðað við dollaragengi í desember 1983,

en ef miðað er við smásöluverð fæst

$S = 54,8 \text{ GWst/ár} (11 \text{ mill/kWst} - 2,3 \text{ mill/kWst}) / 0,1268 = 3,8 \text{ M\$}$ eða 105 Mkr miðað við dollaragengi í des. 1983.

Með öðrum orðum: Stofnkostnaður við viðbótarboranir og virkjun nýrra hola á Botni má ekki fara yfir 3,8 M\$ (105 Mkr) (4,1 M\$ (115 Mkr) ef miðað er við heildsöluverð) ef orkuframleiðsluverð á að haldast undir 11 mill/kWst miðað við 8% vexti og 15 ára afskriftatíma. Þetta jafngildir verði 10-15 1000-1500 m djúpra borhola. Þar sem líklegt má telja að ná megi meira vatni með frekari borunum á Botni og með það í huga að meðalhittni borhola á Eyjafjarðarsvæðinu er 30% verður borun að Botni að teljast nokkuð álitleg orkuöflunarleið fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Þá má einnig spyrja, hver lágmarksárangur holu þarf að vera til að orkuverð frá henni verði undir 11 mill/kWst. Miðað er við að holan kosti fullbúin til dælingar 0,58 M\$ og sem fyrr er miðað við 15 ára afskriftartíma, 8% raunvexti og að 1% af stofnkostnaði fari í annan rekstur á ári.

Árleg orkuvinnsla verður því að vera

$$W = aS/(V-R) = 0,1268 \cdot 580000 / (11 - 2,3) = 8,4 \text{ GWst/ári}$$

en það jafngildir 4,6 l/s af 90°C vatni, 5,7 l/s af 80°C vatni 7,6 l/s af 70°C vatni eða 11,4 l/s af 60°C vatni.

Á Glerárdal er talin von til þess að finna megi meira vatn með frekari borunum. Með því að gera ráð fyrir að afla megi 30 l/s af 62°C vatni á efra svæðinu á Glerárdal (24,1 GWst/ár) og sama raforkukostnaði og við dælingu frá Botni, sem er örugglega ofmat raforkukostnaðar, fæst

$$S = 1,7 \text{ M\$} (46,5 \text{ Mkr}) \text{ miðað við heildsöluverð raforku}$$

en

$$S = 1,8 \text{ M\$} (50,7 \text{ Mkr}) \text{ miðað við smásöluverð.}$$

Af þessu má draga þá ályktun að eðlilegt sé að halda áfram rannsóknum og vatnsleit á Glerárdal.

Þess ber að gæta hér að þótt sýna megi fram á með þessum hætti að réttlætanagerlegt sé að verja umtalsverðum kostnaði í boranir eftir heitu vatni þegar litið er til langs tíma, lítur dæmið talsvert öðruvísi út á skammtímamælikvarða. Allan kostnað við boranir og virkjun verður að inna af hendi áður en tekjur koma á móti, annað hvort með eigin fé eða lánnum. Lánstími er oftast til mun skemmri tíma en afskriftatími bor-

holu þannig að miklar boranir hljóta óhjákvæmilega að íþyngja hitaveitunni fyrstu árin með mikilli greiðslubyrði. Því kann svo að fara að í sumum tilfellum sé nauðsynlegt að taka dýrari orkuöflunarkost en boranir eftir heitu vatni til að komast hjá verulegum greiðsluferfiðleikum.

6 ORKUÞÖRF OG ORKUVINNSLA 1982-1990

6.1 Orkuþörf

Undanfarið ár hefur hitað húsrými á Akureyri aukist um 4-5% á ári ef marka má fasteignamat. Kemur þar tvennt til, fólksfjölgun og aukið húsrými á hvern íbúa. Í skýrslu Orkuspárnefndar frá 1980 "Húshitunarspá 1980-2000" er gert ráð fyrir að hitað húsrými á Akureyri aukist að jafnaði um 3,9% á ári frá 1984-1990 og um 3,4% frá 1990-2000.

Undanfarin 3 ár hefur dregið úr fólksfjölgun á Akureyri vegna erfiðleika í atvinnurekstri. Milli árana 1979 og 1980 fjölgaði Akureyringum um 2,1% en íbúafjöldinn stóð nánast í stað milli árana 1982 og 1983. Vart er við því að búast að slíkt ástand verði varanlegt.

Í mannfjöldaspá Framkvæmdastofnunar er gert ráð fyrir að íbúum á Eyjafjarðarsvæðinu muni fjölga um nálega 1,75% á ári fram til aldamóta, ef til kemur verulegur fjöldi nýrra atvinnutækifæra í iðnaði. Hinsvegar er gert ráð fyrir að árleg fjölgun landsmanna verði 1% á ári.

Í áðurnefndri skýrslu Orkuspárnefndar er gert ráð fyrir því að árlegur vöxtur í húsrými á hvern íbúa landsins minnki árlega úr 2,5% árið 1980 í 1,5% árið 2000.

Í eftirfarandi umræðu um orkuöflun Hitaveitu Akureyrar næsta áratuginn er gert ráð fyrir tveimur möguleikum í vexti hitaðs húsrýmis. Annarsvegar er reiknað með, að hitað húsrými aukist um 3% á ári að jafnaði (1% fólksfjölgun, 2% aukning í húsrými á íbúa), hinsvegar er reiknað með 1,75% árlegri aukningu (0,5% fólksfjölgun, 1,25% aukning í húsrými per mann). Seinni möguleikinn felur í raun í sér viðvarandi stöðnun í uppbyggingu á Akureyri.

6.2 Leiðir til frekari orkuöflunar

Frekari orkuöflun getur orðuð með ýmsu móti:

1. Með borunum á Botni og Glerárdal. Árangur er óviss eins og alltaf í borunum en verði árangur góður er það langódýrasta lausnin eins og fram kom í kafla 5.
2. Með varmadælu sem hitar frárennslisvatn (retúr) sem nú er fleygt. Hagkvæmniathuganir sýna að orkuverð frá varmadælu er hagstætt (Haraldur Sveinbjörnsson og Sigurður Hermannsson 1983).

3. Með breyttum dælubúnaði á Laugalandi og Botni sem leyfir aukinn niðurdrátt á þessum svæðum. Þessari leið fylgir töluverður stofn-
kostnaður í dælubúnaði auk þess sem dælingarkostnaður eykst. Raforkunotkun við dælingu úr borholum má meta á eftirfarandi hátt.

$$E = (K \cdot Q \cdot h \cdot g) / (R_m \cdot R_r) \quad (5.1)$$

þar sem

Q = vatnsmagn sem dælt er upp í kg/s
h = niðurdráttur, mældur frá holutoppi í m
g = þyngdarhröðun jarðar = 9,8 m/s²
K = þrýstitap í borholu og öxlum = 1,20
R_m = nýtni dælumotors = 0,95
R_r = nýtni dælu = 0,78
E = raforkunotkun á tímaeiningu

þá fæst

$$E = 16 \cdot Q \cdot h \quad (5.2)$$

og raforkuaukning á niðurdráttarmeter er þá

$$\Delta E / \Delta h = 16 \cdot Q$$

Árið 1982 var raforkunotkun hitaveitunnar við að dæla að jafnaði 120 l/s úr borholum á Botni, Laugalandi og Ytri-Tjörnum að dælustöð við Þórunnarstræti um 7,475 GWst_e/ár. Samkvæmt upplýsingum hitaveitustjóra hefði kostnaður við þessa dælingu verið 8,5 · 10⁶ kr á verðlagi í desember 1982 miðað við að greitt hefði verið fyrir samkvæmt vélataxta RARIK. Framreiknað með byggingavísitölu til desemberverðlags 1983 eru þetta 12 Mkr miðað við heildsölutaxta en 14,1 Mkr miðað við smásölutaxta.

Meðalkostnaður á kílówattstund raforku er því

$$(1,4 \cdot 10^7 \text{ kr/ár}) / (7,475 \cdot 10^6 \text{ GWst/ár}) = 1,9 \text{ kr/kWst}$$

Sé gert ráð fyrir að vatnsborð holu HN-10 falli um 170 m ef dæling er aukin í 40 l/s eykst raforkunotkun um

$$\Delta E = 16 \cdot 40 \text{ kg/s} \cdot 170 \text{ m} \cdot 3,153 \cdot 10^7 \text{ s/ár} \cdot 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ kWst/J}$$

eða

$$E = 9,6 \cdot 10^5 \text{ kWst}_e/\text{ár}$$

og kostnaðaraukning vegna þessarar dælingar yrði

$$1,9 \text{ kr/kWst}_e \cdot 9,6 \cdot 10^5 \text{ kWst}_e/\text{ár} = 1,8 \cdot 10^6 \text{ kr/ár}$$

Varmaorkan sem fengist er sú varmaorka sem fá má úr 10 l/s af 87°C sem nýtt er í 40°C eða

$$\text{Varmaorkuauki} = 10 \text{ kg/s} \cdot 4187 \text{ J/(kg } ^\circ\text{C)} \cdot 3,153 \cdot 10^7 \text{ s/ár} \cdot 2,8 \cdot 10^7 \text{ kWst/J} \cdot 47^\circ\text{C} \text{ kWst/J} = 17,3 \text{ GWst/ár}$$

Raforkukostnaður á hverja framleidda kílóvattstund í varmaorku er því:

$$(1,8 \text{ Mkr/ár}) / (17,3 \text{ GWst/ár}) = 0,10 \text{ kr/kWst eða } 3,7 \text{ mill/kWst.}$$

Ef reiknað er með að ný Reda dæla sem lyftir 40 l/s af 400 m dýpi kosti 5 Mkr á desemberverðlagi 1983, hana megi afskrifa með 8% vöxtum á 10 árum og annar kostnaður sé 1% af stofnverði á ári en fjármagns- og afskriftarkostnaður, f,

$$f = 0,1590 \cdot 5 \cdot 10^6 = 0,8 \text{ Mkr/ár}$$

og fjármagns- og afskriftakostnaður á framleidda varmaorkueiningu yrði

$$0,8 \text{ Mkr/ár} / 17,3 \text{ GWst/ár} = 0,046 \text{ kr/KWst eða } 1,7 \text{ mill/kWst.}$$

Heildarframleiðslukostnaður á hverja orkueiningu sem fengist við að auka dælingu á Botni í 40 l/s er þá:

$$3,7 + 1,7 = 5,4 \text{ mill/kWst eða um } 0,15 \text{ kr/kWst (des. 83).}$$

Ef halda á vatnsborði á því dýpi sem núverandi dælubúnaður á Laugalandi ræður við þarf að minnka ársmeðalvinnslu næstu tíu ára í 45 l/s. Með því að setja Reda dælur í holurnar á Laugalandi ætti að mega halda 65 l/s ársmeðalvinnslu áfram. Niðurdráttur svæðisins myndi aukast að jafnaði um 17 m á ári.

Búast má við að setja þyrfti Reda dælur í þrjár holur á Laugalandi. LJ-5, LJ-7 og LN-12. Einnig þyrfti að endurbæta fóðringar í einhverjum holanna. Kostnaður við dælubúnaðinn er lauslega metinn 15 Mkr þannig að fjármagns- og afskriftakostnaður, reiknaður eins og í dæminu um Botn, yrði 0,07 kr/kWst_v.

Raforkunotkun myndi aukast um

$$\Delta E = 16 \cdot 65 \text{ kg/s} \cdot 17 \text{ m/ár} \cdot 3,153 \cdot 10^7 \text{ s/ár} \cdot 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ kWst/J} = 1,6 \cdot 10^5 \text{ kWst}_e / (\text{ár})^2$$

og raforkukostnaður um

$$1,6 \cdot 10^5 \text{ kWst/ár}^2 \cdot 1,9 \text{ kr/KWst}_e = 3 \cdot 10^5 \text{ kr/ár/ár}$$

Á 10 ára tímabili væri meðalraforkukostnaðaraukinn orðinn

$$\frac{1}{2} \cdot (10 \text{ ár})^2 \cdot 3,0 \cdot 10^5 \text{ kr/ár}^2 \approx 1,5 \times 10^7 \text{ kr}$$

Orkuframleiðslan á þessu 10 ára tímabili næmi að jafnaði 20 l/s umfram þá 45 l/s sem takmarka yrði vinnsluna við ef haldið yrði í núverandi dælubúnað. Á tíu ára tímabili svaraði þetta til

$$20 \text{ kg/s} \cdot 4187 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} \cdot 55^\circ\text{C} \cdot 3,153 \cdot 10^7 \text{ s/ár} \cdot 10 \text{ ár} \cdot 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ kWst/J} = 4,1 \cdot 10^8 \text{ kWst}_v$$

Raforkukostnaður á hverja framleidda kílóvattstund í varma yrði þá að meðaltali

$$(1,5 \cdot 10^7 \text{ kr}) / (4,1 \cdot 10^8 \text{ kWst}) = 0,036 \text{ kr/kWst eða } 1,3 \text{ mill/kWst.}$$

Verð þeirrar viðbótarorku sem fengist með því að setja Reda- dælur í holurnar á Laugalandi og halda 65 l/s dælingu áfram er því um 2,7 mill/kWst (0,11 kr/kWst) að frátöldum kostnaði við hugsanlega endurfóðrun holanna og nauðsynlegar breytingar á rafbúnaði í dælu- stöð.

Athygli er vakin á því, að hér er um meðalverð tíu ára tímabils að ræða. Augljóslega fer raforkukostnaðaraukinn vaxandi eftir því sem niðurdrátturinn vex. Á 10. árinu væri raforkukostnaðaraukinn orðinn $3,0 \cdot 10^6$ kr/ár sem svarar til

$$(3,0 \cdot 10^6 \text{ kr/ár}) / (4,1 \cdot 10^7 \text{ kWst}_v / \text{ár}) = 0,07 \text{ kr/kWst}_v$$

4. Setja dælu í holu GG-1 á Grísará. Hugsanlegt er að fá megi 4-6 l/s af 80°C vatni úr holunni. Úr því fæst þó aðeins skorið með dælu- prófunum.
5. Með breyttu sölukerfi sem leiddi til orkusparnaðar. Sem kunnugt er, selur Hitaveita Akureyrar vatn sitt eftir hemlum í hverju húsi Hemillinn er stilltur á það magn sem húseigandi óskar eftir og greiðir hann fyrir samkvæmt því. Helsti kostur hemlakerfisins er að ekki er unnt að taka meira gegnum hemilinn en hann er stilltur

á, þannig að orkunotkun í kuldaköstum fer ekki yfir ákveðið mark. Hins vegar hvetur hemlakerfið ekki til orkusparnaðar. Húseigandi greiðir gjald sitt óháð því hvort hann notar vatnið sitt sparlega og nýtir það vel eða sólundar öllu því magni sem gegnum hemilinn næst.

Árið 1982 reyndist orkunotkun Akureyringa vera um $1,9 \text{ m}^3$ vatns/ m^3 húsnæðis og mesta sólarhringsnotkun var 1,32 sinnum ársmeðalnotkunin. Meðalhiti á Akureyri árið 1982 var $3,1^\circ\text{C}$.

Hitaveita Reykjavíkur selur vatn sitt samkvæmt magnmælum. Árið 1981 var vatnsnotkun Reykvíkinga $1,9 \text{ m}^3/\text{m}^3$ húsnæðis. Mesta sólarhringsnotkun var á hinn bóginn 2.1 sinnum ársmeðalnotkun (Gunnar Kristinsson, munnl. uppl.). Ársmeðalhiti í Reykjavík árið 1981 var $3,4^\circ\text{C}$. Samkvæmt lauslegri athugun á sambandi ársmeðalhita í Reykjavík og orkunotkunar á markaðssvæði Hitaveitur Reykjavíkur, má reikna með að orkunotkun minnki um u.þ.b. $0,1 \text{ m}^3$ vatns/ m^3 húsnæðis/ár fyrir hverja gráðu sem ársmeðalhitinn hækkar. Um tveggja ára skeið var vatn til Garðabæjar selt eftir hemli. Í ljós kom að þá reyndist orkunotkun Garðbæinga 30% hærri en meðaltal annarra bæjarhluta á markaðssvæði Hitaveitu Reykjavíkur (Gunnar Kristinsson, munnl. uppl.)

Þá ber að gæta þess að mjög verulegur munur er á orkuverði þessara tveggja Hitaveitna. Ef orkuverð væri álíka hátt í Reykjavík og Akureyri er líklegt að Reykvíkingar myndu nýta heitavatnið betur og spara það.

Af ofangreindum tölum má sjá að orkunotkun er svipuð á Akureyri og í Reykjavík þrátt fyrir mjög mismunand orkuverð. Ástæðan er líklegast sú að hemlakerfið hvetur ekki til sparnaðar. Því er líklegt að ná mætti talsverðum orkusparnaði með því að selja vatnið eftir mæli. Hve miklum sparnaði má ná er óljóst en með hliðsjón af reynslunni í Garðabæ má e.t.v. gera sér vonir um 5-10% orkusparnað.

Hins vegar er afl Hitaveitu Akureyrar takmarkað. Núverandi vinnslusvæði réðu með naumindum við afltoppinn 1982. Miðað við reynslu Hitaveitu Reykjavíkur má búast við að afltoppurinn vaxi verulega á Akureyri ef hemlum væri skipt út fyrir mæla. Á móti því vegur, að um leið og orkunotkun minnkar, bæði í heild og yfir sumarið, eykst afl jarðhitasvæðanna á vetrum. Samt er engan veginn víst að Hitaveitan muni ráða við afltoppa vetrarins. Því væri óráðlegt að fjarlægja hemlana, fremur bæri að setja mæla til viðbótar við hemilinn og selja þá hugsanlega bæði afl og orku.

Lauslega áætlað mun það kosta 7 Mkr að setja upp rennslismæla í öll

hús. Miðað við 15 ára afskriftartíma og 8% raunvexti yrði fjármagns- og afskriftakostnaður á ári ásamt 1% árlegum rekstrar-kostnaði

$$f = 0,1268 \cdot 7 \cdot 10^6 \cdot 0,9 \text{ Mkr}$$

Ef uppsetning mæla leiddi af sér 5% orkusparnað eða 8 l/s sparnað af 76,5°C vatni væri orkuverð slíkrar vatnsöflunar

$$0,9 \cdot 10^6 \text{ kr/ár} / (8 \text{ kg/s} \cdot 4187 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \cdot 36,5^\circ\text{C} \cdot 3,153 \cdot 10^7 \text{ s/ár} \cdot 2,8 \cdot 10^{-7} \text{ kWst/J}) = 0,08 \text{ kr/kWst}$$

Þannig er augljóst að hagkvæmni þess að setja upp mæla er mikil, náist við það 5% orkusparnaður.

Þá má einnig benda á, að mælar myndu væntanlega einnig taka til neynsluvatns sem nú rennur framhjá hemlinum og stuðla að bættri nýtingu þess.

6. Með rafskautskatli. Samkvæmt skýrslu Haraldar Sveinbjörnssonar og Sigurðar Hermannssonar (1983) ber orkuverð frá rafskautskatli 0,22 kr/kWst miðað við verðlag í mars 1983 sem er nálægt 0,27 kr/kWst á verðlagi í des. 1983 ef notast er við byggingarvísitölu. Í kafla 5 hér að framan eru leiddar líkur að því að mun hagstæðara geti verið að halda borunum áfram. Hins vegar eru boranirnar mjög fjármagnskrefjandi í byrjun en kostnaður við orkuframleiðslu með rafskautskatli dreifist á allt afskriftartímabilið í hlutfalli við notkun.
7. Með virkjun Laugalands á Þelamörk er talið líklegt að fá megi 25-30 l/s af 92°C vatni. Viðnámssniðsmælingar sem gerðar voru sumarið 1983 gefa mjög ákveðna vísbendingu um hvar aðfærsluæðar svæðisins sé að leita. Þessi mæliaðferð hefur verið notuð í 4 ár og aldrei gefið ranga niðurstöðu. Samkvæmt henni eru þær holur, sem fram til þessa hafa verið boraðar á Laugalandi, allfjarri aðfærsluæðunum.

Reiknað er með að bora þurfi grunnar rannsóknarholur fyrir 2,5 Mkr og annar rannsóknarkostnaður er metinn á 1,5 Mkr. Ef vel tekst til, sem nokkrar líkur eru á vegna umfangs forrannsókna, gæti ein vinnsluhola, 1400 m djúp, dugað til að ná umræddu vatnsmagni. Samkvæmt upplýsingum Karls Ragnars forstjóra Jarðborana ríkisins lætur nærri að fóðruð og fullfrágengin 1400 m hola muni kosta 9 Mkr, (Narfahola). Heildarbor- og rannsóknarkostnaður yrði því 13 Mkr í besta tilfalli. Í líklegasta tilfalli má búast við að tvær 1400 m vinnsluholur þyrfti til, og í því versta fjórar. Bor- og rannsóknarkostnaður yrði því 22 Mkr fyrir líklegasta tilfalli en 40

Mkr í því versta.

Samkvæmt upplýsingum Maríu Jónu Gunnarsdóttur, sem fæst við áætlanagerð fyrir nýjar hitaveitur, má reikna með að kostnaður við aðveituæð sé um 2 Mkr/km. Er þá reiknað með 200 mm stálpípu einangraðri með úretan í plastkápu. Kostnaður við uppsetningu og brunna er meðtalinn. Kólnun í slíkri lögn er um 0,4°C/km. Fjarlægðin frá Laugalandi að dælustöð hitaveitunnar við Þórunnarstræti er um 13 km eftir veginum þannig að heildarkostnaður við aðveituæðina yrði 26 Mkr og vatnið kólnaði um 5°C á leiðinni.

Þá er reiknað með að dælubúnaður kosti 1,5 Mkr og árlegur dælingarkostnaður yrði 1,3 Mkr.

Heildarstofnkostnaður yrði því 40,5 Mkr í besta tilfalli, 49,5 Mkr í líklegasta tilfalli og 67,5 Mkr í því versta. Í versta tilfalli er gert ráð fyrir 20 l/s af 92°C vatni af svæðinu en 30 l/s í því besta. Vatnið yrði hins vegar 87°C komið í tank við Þórunnarstræti. Í besta falli fengjust því 51,5 GWst/ári og í því versta 34,3 GWst/ári.

Miðað við 8% vexti, 15 ára afskriftatíma og að 1% af stofnkostnaði fari í almennan rekstur fæst að orkuverðið yrði á bilinu 0,13 kr/kWst (4,3 mill) til 0,29 kr/kWst (9,7 mill) en líklegasta orkuverðið (2 holur, 25 l/s) yrði 0,18 kr/kWst (5,9 mill).

Þess ber að geta hér að Laugalandssvæðið er nánast ósnert og örugglega ótengt öðrum vinnslusvæðum hitaveitunnar. Því er yfirþrýstingur í kerfinu þannig að hætta á skoltapi og meðfylgjandi borvandráðum af þeim sökum er lítil. Ennfremur má benda á að holur eru nú að jafnaði hallamældar í borun og reynt að halda þeim sem næst lóðréttum til að koma í veg fyrir borfestur af þeim sökum. Þá er innihald brennisteinsvetnis mun herra í vatnskerfinu á Laugalandi á þelamörk en í öðrum vinnslusvæðum veitunnar, það hamlar gegn súrefni í vatninu og dregur því úr tæringarhraða.

Af ofansögðu má ráða að Laugaland á þelamörk er mjög áhugaverður staður til virkjunar fyrir Hitaveitu Akureyrar.

Auk ofantalinna möguleika hafa verið nefndir ýmsir aðrir sem ekki eru taldir upp hér.

6.3 Hugmynd að orkuöflun næstu ára

Til að tryggja hitaveitunni næga orku næstu árin kemur til greina einhvers konar samland þeirra orkuöflunarkosta sem taldir voru upp

hér að framan.

Hér á eftir eru settar fram þrjár leiðir af mörgum til að tryggja hitaveitunni næga orku næstu 5-10 árin. Leiðirnar eru skýrðar á mynd 10.

Þeim er öllum sameiginlegt að sett verður upp 2,6 MW varmadæla vorið 1984 og Reda dæla í holu HN-10 við Botn. Einnig er ljóst að náist 5% orkusparnaður með breyttu sölufyrirkomulagi frestar það orkuöflunarframkvæmdum um nokkur ár.

Leið 1 gerir síðan ráð fyrir virkjun jarðhitasvæðisins á Laugalandi á þelamörk árið 1986. Það felur í sér að boranir þurfa að hefjast þar haustið 1984 og borun vinnsluhola verður að ljúka árið 1985. Með þessu móti má tryggja hitaveitunni næga orku fram til 1992 miðað við 1,75% árlega aukningu í hituðu húsrými.

Leið 2 gerir ráð fyrir að sett verði upp önnur varmadæla árið 1986. Þá hefur væntanlega fengist reynsla af varmadælurekstri, sem nota má til að meta orkukostnaðinn frá þeim. Þetta er þó háð því að ná megi með auðveldum hætti nægjanlegu magni af retúr-vatni fyrir varmadælurnar með litlum tilkostnaði. Síðan yrði sett djúpdæla í holu GG-1 við Grísará 1987-1988 og loks yrðu settar Reda dælur í borholurnar á Syðra-Laugalandi 1989-90. Á þennan hátt er líklegt að næg orka yrði til ráðstöfunar fram undir miðjan tíunda áratuginn. Meginkostur þessarar leiðar er að heita vatnið yrði nýtt betur.

Þriðja leiðin byggir á því að hola GG-1 verði virkjuð árið 1985 og Reda dælur verði settar upp á Syðra-Laugalandi fyrir árslok 1986.

Þessar þrjár leiðir sem hér hafa verið reyndar eru einungis þrjár af mörgum sem til greina gætu komið til að tryggja vatnsöflun hitaveitunnar. Eins og alltaf þegar verið er að spá langt fram í tímann eru margir þættir óvissir, til dæmis geta vinnsluspár fyrir virkjunarsvæðin verið rangar, ekki er víst að Reda dælurnar reynist vel við 95°C hitastig þótt reynslan sé góð af þeim í holu TN-4 þar sem hitun er 80°C og engin reynsla er enn komin á rekstur varmadæla hérlendis. Þá skiptir hér miklu hver raunverulegur vöxtur í húsrými verður. Því verða spár og áætlanir sem þessar að vera í sífellndri endurskoðun þannig að menn sjái í tíma ef til vandræða horfi og geti brugðist við á réttan hátt.

Þær leiðir sem fela í sér dælingu með Reda dælum ganga hart að virkjunarsvæðunum. Það eru takmörk fyrir því af hve miklu dýpi hagkvæmt er að dæla upp heitu vatni. Þegar að þeim mörkum kemur verður að vera tiltækur nýr orkuöflunarkostur sem komið gæti að mestu leyti í stað núverandi virkjunarstaða. Á jarðhitastöðum sem nú eru þekktir, er

vart um aðra að ræða en Reyki í Fnjóskadal. Tímasetning frekari rannsókna og borana að Reykjum hlýtur því að ráðast af því hvaða kostur verður valinn í orkuöflun næstu ára.

Miðað við reynslu ársins 1982 var hámarkssólarhringsnotkun 32% hærri en ársmeðalnotkun og þá tókst með naumindum að anna þörfinni. Ekki er því óhugsandi að grípa þurfi til kyndistöðvar stöku sinnum til að anna hámarkssólarhringsnotkun í verstu kuldaköstum.

Jafnframt þessum aðgerðum til að tryggja orkuframleiðsluna yrði borunum og viðeigandi rannsóknum haldið áfram á þeim svæðum í Eyjafirði sem taldir eru líklegir til að veita hitaveitunni viðbótarorku. Er þá fyrst og fremst um Botn og Glerárdal að ræða. Allt það vatn sem fyndist til viðbótar á Eyjafjarðarsvæðinu myndi lengja líftíma þess sem vatnsvinnslusvæðis. Þá er ástæða til að halda markvisst áfram rannsóknum á Reykjum í Fnjóskadal.

HEIMILDIR

Ólafur G. Flóvenz og Brynjólfur Eyjólfsson 1981: Viðnámsmælingar og mat á jarðhitastöðum í Eyjafirði. Orkustofnun, OS81029/JHD17, 65 s.

Haraldur Sveinbjörnsson og Sigurður Hermannsson 1983: Hitaveita Akureyrar. Samanburður á hagkvæmni mismunandi orkugjafa. Afangaskýrsla. VST og VN, 19 s.

Orkuspárnefnd 1980: Húshitunarspá 1980-2000. Rúmmál og orkunotkun húsnæðis. 52 s.

Rútur Halldórsson 1983: Ýmsar upplýsingar um orkuiðnaðinn. Í fundargögnum vetrarfundar SÍR og SÍH í nóvember 1983.

Þorsteinn Thorsteinsson 1981: Rennslisprófanir í holu HN-10. Orkustofnun, greinargerð Þ.Th. 81/02, 6 s.