



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

# Árshundur Orkustofnunar 1998

Reykjavík

23. mars 1998





**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

# Ársfundur Orkustofnunar 1998

Reykjavík

23. mars 1998

Orkustofnun OS-98009

ISBN 9979-68-008-3

## ***Ársfundur Orkustofnunar 1998***

***haldinn mánudaginn 23. mars, í salnum Gullteigi,  
Grand Hótel við Sigtún***

Fundarstjóri: Árni Snorrason, forstöðumaður Vatnamælinga

Dagskrá:

- 13:30 *Ávarp ráðherra orkumála*, Finns Ingólfssonar
- 13:45 *Ný viðhorf í orkumálum*, Þorkell Helgason, orkumálastjóri
- 14:15 *Ný viðhorf í orkurannsóknnum*, Sveinbjörn Björnsson, deildarstjóri auðlindadeildar
- 14:45 *Umræður og fyrirspurnir*
- 15:00 Kaffi
- 15:30 *Jarðhitaleit á köldum svæðum*, Grímur Björnsson, sérfr. á forðafræðideild Rannsóknasviðs og Kristján Sæmundsson, deildarstj. jarðfræðideildar Rannsóknasviðs
- 16:00 *Umræður og fyrirspurnir*
- 16:15 *Fundarslit*, Eyjólfur Árni Rafnsson, formaður stjórnar Orkustofnunar
- 16:30 *Veggspjaldasýning, boðið upp á léttar veitingar*

**Ný viðhorf í orkumálum**

## Ársfundur Orkustofnunar 1998

# Ný viðhorf í orkumálum

**Borkell Helgason, orkumálastjóri**

### 1. Málafni Orkustofnunar

Aðalefni þessa ársfundar erindis er umfjöllun um nýskipan orkumála. Ég vil þó að venju hefja erindið á því að drepa á nokkur atriði viðvíkjandi rekstri Orkustofnunar á liðnu ári. Vísa ég að öðru leyti til ársrits stofnunarinnar sem lagt er fram á þessum fundi.

#### 1.1 Endurskipulagning

Þegar ég mælti hér fyrir ári í fyrsta sinn sem orkumálastjóri, hafði nýlega tekið gildi reglugerð um stofnunina og umfangsmikil endurskipulagning farið fram. Nú hefur þetta nýja fyrirkomulag verið við lýði í heilt rekstrarár. Ég leyfi mér að fullyrða að árangurinn hefur verið í samræmi við væntingar. Í eftirfarandi upptalningu dreg ég fram það helsta í þessum efnunum sem er rökstutt frekar í grein minni í ársritinu:

- *Rannsóknareiningar stofnunarinnar starfa á rekstrarlegum grundvelli án beinna fjárveitinga.*
- *Rekstrarfyrirkomulag eininganna er eins og um samkeppnisrekstur sé að ræða.*
- *Afkoma rannsóknareininganna er vel viðunandi.*
- *Rannsóknakaup eru komin á formlegan grundvöll.*
- *Orkumálasvið starfar sem umbjóðandi stjórnvalda í orkurannsóknum og ráðgjafi í orkumálum.*
- *Jarðhitaskólanum hefur verið skipaður verðugur sess.*
- *Öllum samkostnaði er skipt eðlilega á milli rekstrareininganna.*

Enn á þó eftir að reyna á nýja fyrirkomulagið og sníða af því nokkra vankanta. Þannig er stofnunin í nýjum búningi hlunnfarin í virðisaukaskattmálum. Þess er eðlilega krafist að samkeppnisrekstur hins opinbera beri allar sömu byrðar og einkareksturinn. En um leið verður að gera þó mótkröfu að hann njóti sama aðbúnaðar, t.d. í skattamálum.

Þá vil ég sérstaklega nefna að finna þarf grunnrannsóknum eðlilegan farveg, t.d. í samstarfi við Háskóla Íslands, en við hann var gerður samstarfssamningur á árinu.

Ég vænti þess að ekki verði ástæða til þess að eyða orðum að skipulagsmálum stofnunarinnar í næstu ársfundarræðu orkumálastjóra vegna þess að af þeim verði ekkert að fréttu. Ég tel það vilja flestra, ef ekki allra sem við stofnunina starfa, að nú gefist nokkur friður til að starfa án frekari óvissu um skipulag og stöðu stofnunarinnar.

#### 1.2 Orkurannsóknir

Orkurannsóknir höfðu dregist mikið saman á liðnum áratug eða svo þar til viðsnúningur varð á árinu 1996. Það voru orkufyrirtækin sem tóku við sér og kallaði það á aukna þjónustu Orkustofnunar. Á hinn bóginn hefur orðið áframhaldandi samdráttur í fjárveitingum hins opinbera. Þrátt fyrir það hafa umsvif Orkustofnunar ekki minnkað og þau jafnvel aukist seinustu misseri. Á árinu 1996 blasti við að fækka þyrfti starfsfólki, en svo varð ekki.

En augljóslega hafa umsvif Orkustofnunar færst í enn auknum mæli frá því – eins og segir í lagafyrirmælum um meginhlutverk stofnunarinnar – “að annast yfirlitsrannsóknir á orkulindum landsins, eðli þeirra og skilyrðum til hagnýtingar þeirra”. Þjónusturannsóknir hafa orðið veigamesti þátturinn. Það er orðið áhyggjuefni að undirstöðurannsóknir sitji á hakanum, vegna þess að hvorki ríki né orkugeirinn vilji standa undir kostnaðinum. Til að kortleggja stöðu orkurannsóknna hefur starfað vinnuhópur á vegum iðnaðarráðherra. Því miður hefur dregist að sá hópur lyki störfum en vonandi verður ekki mjög langt að bíða niðurstaðna.

Ég ætla ekki að eyða frekari orðum að stöðu rannsóknanna og úrbótum í þeim efnum þar sem nýráðinn deildarstjóri auðlindadeildar, Sveinbjörn Björnsson, mun fjalla um þetta viðfangsefni hér á eftir.

### 1.3 Horfnir starfsmenn

Eins og ég hef þegar nefnt hefur ekki reynst nauðsynlegt að fækka starfsfólki, en eins og eðlilegt er hefur samt verið nokkur hreyfing á fólki. Menn færa sig á milli starfa og miðla þannig reynslu og þekkingu milli stofnana og fyrirtækja. Í hæfilegum mæli er þetta af hinu góða. Þeir sem horfið hafa á annan vettvang eftir áralangt starf á Orkustofnun eru Birgir Jónsson og Jósef Hólmjárn. Þá luku tveir starfsmenn starfsævi sinni á s.l. ári, þær Svava Guðmundsdóttir og Þóra Þorvaldsdóttir. Þessum fyrrverandi starfsmönnum Orkustofnunar þakka ég farsæl störf í hennar þágu.

Einn starfsmaður var kallaður yfir móðuna miklu. Aðalheiður Jóhannsdóttir, ritari, lést á liðnu ári. Hún átti að baki langan og dyggan starfsferil á stofnuninni. Alúðar hennar við störf sín og hlýja í samskiptum við vinnufélaga sína verður lengi í minnum höfð.

## **2. Ný viðhorf í fyrirkomulagi orkumála í umheiminum**

Þá er komið að því sem ég ætla að gera að aðalumtalsefni í þessu erindi: Nýjum viðhorfum í orkumálum, og á ég þar reyndar einkum við skipan raforkumála. Þessu efni ætla ég að gera nokkur skil með þrennu mótí: Í fyrsta lagi vil ég að reifa það sem er að gerast og gerjast í heiminum í fyrirkomulagi raforkumála. Í öðru lagi mun ég taka sérstaklega til umfjöllunar tilskipun Evrópusambandsins um innri viðskipti með raforku. Og í þriðja lagi mun ég íhuga stöðu okkar Íslendinga í þessu samhengi m.a. í ljósi umfangsmikillar tillögugerðar um þessi efni sem nú liggur fyrir Alþingi.

### 2.1 Samkeppni í raforkumálum

Það er alkunna að framleiðsla og afhending raforku hefur lengst af og allt fram á okkar daga verið talin samfélagsleg þjónusta í hinum vestræna, tæknivædda heimi. Einkaaðilar voru þó víðast hvar frumkvöðlarnir, en mjög bráðlega færðist starfsemin til hins opinbera, einkum til sveitarfélaga. Í höfuðvígi einkaframtaksins, Bandaríkjunum, hefur raforkustarfsemin þó verið í höndum einkafyrirtækja en þau notið til þess starfsleyfa sem veitti þeim einkarétt.

En nú er öldin önnur. Tímar miðstýrðra hagkerfa er liðinn. Í þess stað er treyst á að með virkri samkeppni skapist þau markaðsverð sem stýri hagkerfinu á hagkvæmustu brautir. Því er það pólitísk lenska að yfirfara hvers kyns einokunarrekstur, opinberan og einkarekinn, og gaumgæfa hvort hann býður upp á samkeppni. Önnur sjónarmið, eins og það að draga úr umsvifum hins opinbera, hafa og haft áhrif. En það er þó gagnlegt í þessari umræðu allri að halda þessu tvennu aðskildu, samkeppni og einkavæðingu.

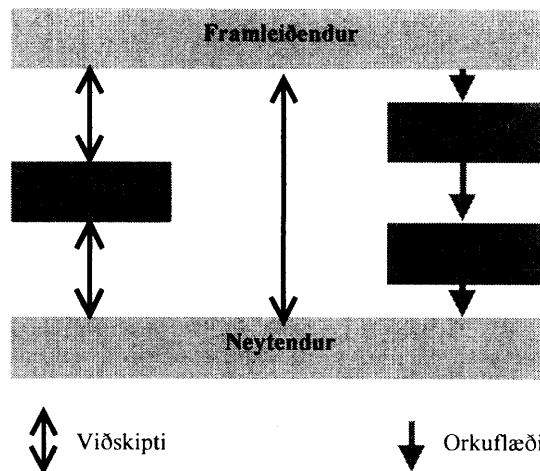


Í raforkumálum hafa menn verið að átta sig á hvað óhjákvæmilega verður að reka sem einokunarrekstur<sup>1</sup> og hvaða þættir geta boðið upp á samkeppni. Þá niðurstöðu, sem flestir hafa komist að um þessa hlutverkaskiptingu, er að finna í eftirfarandi 1. töflu:

<i>Samkeppniþættir:</i>	<i>Einokunarþættir:</i>
Orkuvinnsla	Flutningur
Orkusala	Dreifing

TAFLA 1: Samkeppni og einokun í raforkugeira

Þær þjóðir sem hafa innleitt samkeppni í raforkugeiranum hafa einbeitt sér að orkuvinnslunni en farið yfir í samkeppni í orkusölu í áföngum og er þá venjulega síðast komið að smásöluþættinum. Eftirfarandi 1. myndir sýnir orkuflæði og viðskipti á slíkum samkeppnismarkaði:



MYND 1: Samkeppnismarkaður með raforku

Eins og fram kemur á myndinni er hugsanlegt að orkunotendur eigi bein viðskipti við orkuframleiðendur. Auk þess geta verið milliliðir, orkusalar eða orkukauphöll. Flutningur og dreifing raforku er, eins og fyrr segir, talin vera einokunarstarfsemi, en á hana verður þá að leggja ýmsar kvaðir og einkum þá að miðla þeirri orku sem kaupendur og seljendur á markaðinum vilja senda sín á milli. Munstrin í þessu markaðsfyrirkomulagi öllu geta verið fjölmörg og engin tvö lönd hyggja nákvæmlega á sama skipulagið.

Lágmarkskrafan um raforkuviðskipti samkvæmt raforkutillskipun Evrópusambandsins, sem verður gerð að frekara umtalsefni hér síðar, er í anda 1. myndar.

## 2.2 Einkavæðing

Eins og áður segir er skynsamlegt að íhuga einkavæðingu óháð umfjöllun um samkeppnismarkað. Einkavæðing í raforkugeiranum á sér lengri sögu en markaðsvæðingin. Og þjóðir eru að einkavæða raforkufyrirtæki án þess að koma á markaðsviðskiptum með raforku.

<sup>1</sup> *Einokun* hefur á sér slæmt orð, a.m.k. í íslensku og tengist í huga okkar sem lásam Íslandssögu Hriflu-Jónasar, ímyndaðri eða raunverulegri danskri kúgun. Hér á það ekki að hafa þessa merkingu heldur hlutlaus: Starfsemi sem er ekki til skiptanna og skynsamlegt er að hafa á einni hendi.

Þetta eru einkum þróunarríki, og fyrrum kommúnistaríkin. En á hinn bóginn hafa ríki í Vestur-Evrópu komið á samkeppni í raforkuviðskiptum án þess að því fylgi endilega einkavæðing.

Alþjóða orkuráðið (AOR), sem á sér aðildardeild á Íslandi, hefur nýlega gefið út mikla skýrslu starfsnefndar um fjárfestingu í orkumálum heimsins á næstu áratugum og fjármögnun hennar.<sup>2</sup> Það er niðurstaða skýrslunnar að mikið verði fjárfest á næstu árum, enda megi ekki gleyma því að enn hefur þriðjungur mannkyns ekki aðgang að orkuveitum af neinu tagi. Á tímabilinu fram til 2020 verði að fjárfesta um 1000 milljarða bandaríkjadala árlega eða sem svarar til um 3-4% af vergri heimsframleiðslu. Þetta eru umtalsverðar upphæðir en engan veginn óviðráðanlegar. Lausnin er að virkja einkafjármagn í geira þar sem opinberar fjárfestingar hafa hingað til verið ráðandi. Skýrsluhöfundar benda á að einkafjármagn í orkugeira geti örvað fjármagnsmarkað og raunar komið honum á laggirnar í mörgum ríkjum og aukið erlenda fjárfestingu og þá losað um fé hins opinbera til annarra samfélagslegra þarfa. En þessi þróun, sem skýrsluhöfundar virðast sammála um að sé æskileg, kallar á vissar forsendur svo sem:

- *Að lagalegt umhverfi fjárfestinga sé fullnægjandi.*
- *Að orkuverð sé ekki brenglað með duldum niðurgreiðslum.*
- *Að eftirlitshlutverk hins opinbera verði endurskoðað.*

Alþjóðlegt samstarf er í gangi til að tryggja lagalega vernd fjárfestinga. Unnið er að alþjóðasamningi þar að lútandi (MAI) auk Evrópska orkusáttmálans og Evrópska orkusamningsins sem eru að hluta fullgerðir og taka til verndar á erlendri fjárfestingu á orkusviði sérstaklega. Niðurgreiðslur á orkuverði tíðkast víða, skekkja markaðinn og leiða einatt til orkusóunar. Í kommúnistaríkjunum var orkan nær ókeypis og enn eimir eftir af þeirri sóun sem því fylgdi. Skýrsluhöfundar gera það ekki að forsendu aukinnar einkafjármögnunar í orkumálum að markaðsvæðingu og samkeppni verði komið á og er það í samræmi við það sem áður segir að markaðsvæðingu og einkavæðingu má skoða aðskilið. Aftur á móti benda þeir á að eftirlitshlutverk hins opinbera, t.d. með orkuverði, þurfi að laga að nýrri hugsun.

Félagar í Íslandsdeild Alþjóða orkuráðsins verða með erindi á heimsráðstefnu þess í Texas n.k. haust og munu þar einmitt fjalla um fjárfestingarvanda í vatnsorku og jarðhita. Það er skoðun þessara höfunda að enn séu miklir möguleikar ónýttir í þessum orkulindum, en til þess að virkja þær þurfi að koma til öflugt einkafjármagn. Hlutverk ríkisins eigi að vera eftirlit eins og starfshópur Alþjóða orkuráðsins talar um. En auk þess annist ríkisvaldið rannsóknir á orkulindunum, því vel rannsakaðir virkjunarstaðir draga auðveldar að sér fjárfesta en lítt athugaðir staðir.

Allt þetta ber að sama brunni: Á heimsmælikvarða er þörf á mikilli fjárfestingu í orkumálum á næstu áratugum, e.t.v. meiri en í nokkrum öðrum innviðum þjóðfélaga. Fé til þessara fjárfestinga er unnt að fá, en til þess þarf að virkja einkafjármagn á stórauðnum mæli.

### 2.3 Hvar eru þjóðir heims staddir?

Hlutirnir þróast það hratt að ekki er auðhlaupið að fylgjast með framvindunni. Á vegum Alþjóða orkuráðsins starfar vinnuhópur að ítarlegri úttekt á frjálsræði í orkumálum, kostum þess og göllum.<sup>3</sup> Skammt er í að skýrsla þessa hóps komi út og getur hún efalaust gagnast okkur í því endurskoðunarstarfi sem framundan er. Formaður framkvæmdastjórnar AOR, James W. Baker gerði aftur á móti grein fyrir stöðunni víðs vegar um heim eins og hún leit út fyrir þremur misserum eða svo. Eftirfarandi 2. tafla er unnin upp úr þeirri samantekt með nokkrum viðbótum og breytingum þó:

<sup>2</sup> “Financing The Global Energy Sector – The Task Ahead”, World Energy Council 1997.

<sup>3</sup> “The Benefits and Deficiencies of Energy Sector Liberalisation”, vinnuhópur á vegum AOR.

		IPP leyfðir	Einka- væðing	Endur- skipulagning	Samkeppni
<b>Asía</b>	Kína	Já		Að hluta	
	Indland	Já			
	Indónesía	Já	Að hluta	Já	
	Pakistan	Já	Að hluta	Að hluta	
	Tæland	Já	Á dagskrá	Á dagskrá	
	Malasía	Já	Á dagskrá	Að hluta	
<b>Suður- Ameríka</b>	Chíle		Já	Já	
	Argentína	Já	Að hluta	Að hluta	
	Kólobía	?	Á dagskrá	Á dagskrá	
	Venesúela	?	Á dagskrá	Á dagskrá	
	Mexikó	Já	Já	Já	
<b>A-Evrópa</b>	Pólland	Já	Já	Í gangi	
	Ungverjaland	Já	Já	Já	
	Tékkland		Að hluta	Í gangi	
<b>Þróuð ríki</b>	Bretland	Já	Já	Já	Framleiðsla
	Bandaríkin	Já		Í gangi	Á dagskrá
	Ástralía	?	Já	Já	Á dagskrá
	Nýja-Sjáland	Já	Já	Já	Smásala
	Norðurlönd		Já	Já	Framleiðsla
	Portúgal	Já	Að hluta	Já	Framleiðsla
	Spánn		Að hluta		

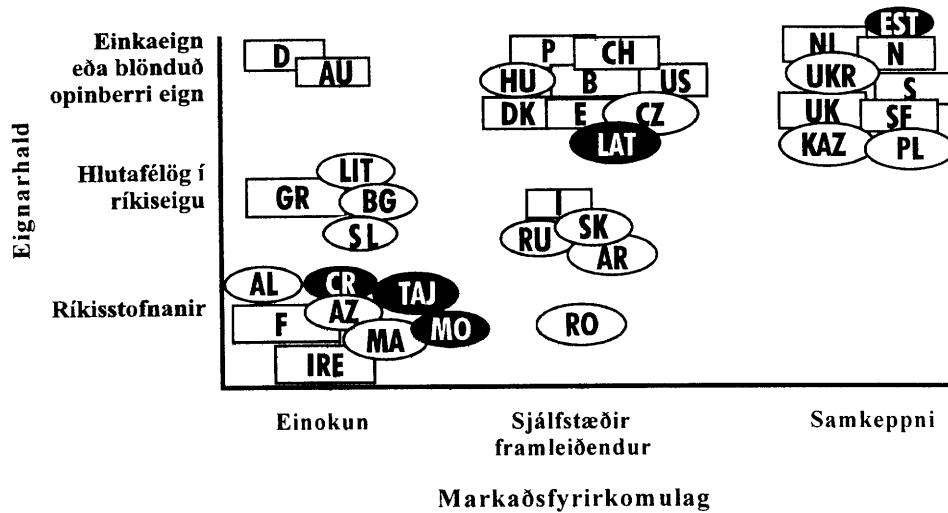
IPP: Sjálfstæðir raforkuframleiðendur

Heimild: Baker, John W. 1996. International Experience in Privatisation and Deregulation in The Electricity Sector. WEC Journal, December 1996, 4-9.

*TAFLA 2: Endurskipulag orkumála um víða veröld, staðan 1996*

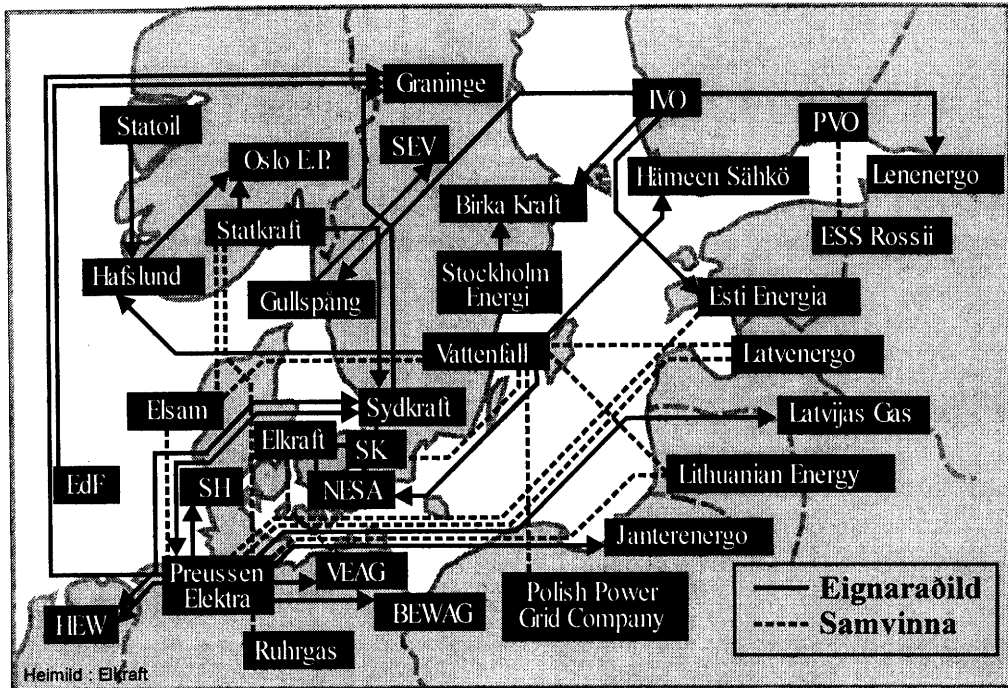
Taflan er ekki tæmandi og að hluta þegar úrelt, en sýnir þó að margt er að gerjast: Einkavæðing er víða í gangi og svokallaðir sjálfstæðir framleiðendur (IPP) fá að hasla sér völl í flestum ríkjum sem hér eru á lista. Hér er einatt um orkuver að ræða sem erlendir fjárfestar eiga að hluta eða öllu leyti. Þá sést að markaðsvæðing eða samkeppni var óvíða komin á þegar þetta var skrifað en er víða á döfínni. Raforkutilskipun Evrópusambandsins hefur síðan rekið mjög á eftir og nú seinustu misserin hefur þróunin í þessa átt orðið ör í Bandaríkjunum með Kaliforníu í broddi fylkingar, en þar urðu raforkuviðskipti frjáls um s.l. áramót.

Athyglisvert er að nýju markaðsríkin í Austur-Evrópu sigla hraðbyri í átt að markaðs- og einkavæðingu. Að hluta skýrist þetta af því að þessi ríki keppa mörg hver að aðild að Evrópusambandinu og gera hosur sínar grænar með því að koma strax á því fyrirkomulagi sem raforkutilskipun sambandsins mælir fyrir um. Eftirfarandi 2. mynd, sem einnig á uppruna sinn hjá starfshópi AOR, sýnir stöðu mála í umbreytingunni í Evrópu. Sjónum er hér einkum beint að gömlu kommúnistaríkjunum, en Vestur-Evrópuríki eru höfð með, m.a. til samanburðar, en þó ekki Ísland sem enn á heima neðst til vinstri á myndinni.



MYND 2: Fyrirkomulag raforkufyrirtækja

Snar þáttur í þróuninni undanfarið hafa verið víxlverkandi kaup orkufyrirtækja hvert á öðru. Á 3. mynd er sýndur þessi tengslavefur í norðanverðri Evrópu, en hann hefur orðið æ þéttari seinustu árin.



MYND 3: Tengsl raforkufyrirtækja í norðanverðri Evrópu 1997

Allir virðast sammála um að þessi þróun muni halda áfram: Raforkufyrirtæki í Evrópu muni renna æ meira saman, þau verði færri en stærri.

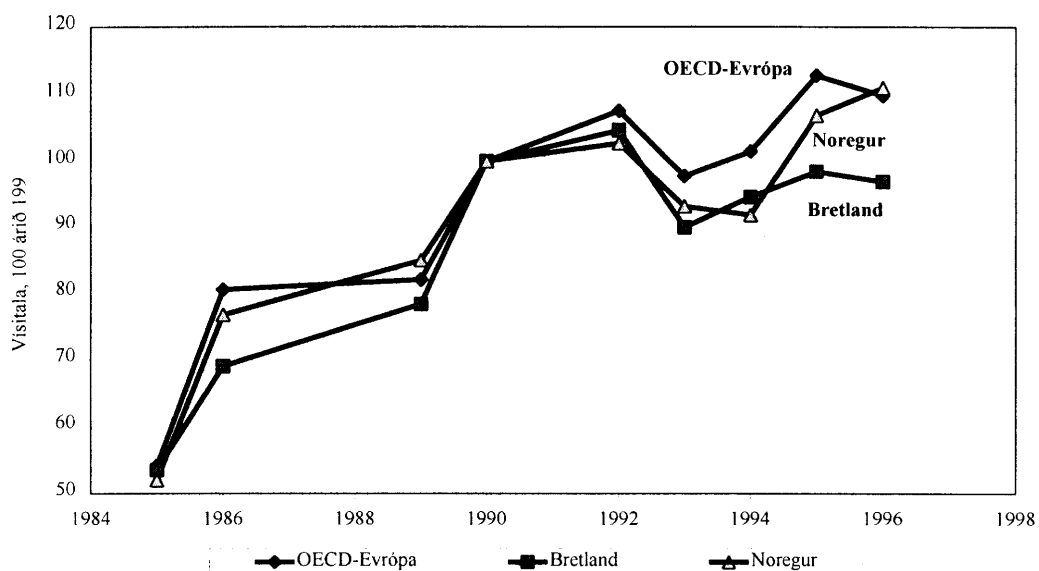
#### 2.4 Ávinningur

Er ávinningur af marksvæðingu kominn í ljós? Þessu er erfitt að svara, enda reynslan enn lítil. Forysturíkin í þessum efnunum eru Bretland og Noregur, en þar er þó ekki liðinn áratugur frá því

að hafist var handa og seinustu skrefin verða ekki stigin fyrr en nú á þessu ári. Eftirfarandi eru fróðleiksmolar um reynsluna og væntingarar:

- *Breska eftirlitsstofnunin með raforkumarkaðinum<sup>4</sup> telur að raforkuverð hafi lækkað um 15-23% þar í landi á dögum markaðsvæðingarinnar. Bent hefur verið á að verð á eldsneytisorkugjöfum (kolum, gasi, olíu) hafi lækkað á sama tíma sem geti vel skýrt þessa lækkun. Gagnrýnendur segja að vissulega hafi orðið nokkur hagræðing af samkeppninni en hún hafi ekki skilað sér til neytenda, heldur til eigenda og forstjóra orkufyrirtækjanna.*
- *Opinberlega er spáð að raforkutilskipun ESB leiði til 10% lækkunar raforkuverðs.*
- *Víða hefur verið offjárfesting í orkugeiranum og þess er vænst að samkeppnin dragi úr henni. Þáverandi orkumálaráðherra Noregs sagði fyrir ári að ástæða væri til að óttast að jafnvel verði of mikil samdráttur á nýjum fjárfestingum eftir markaðsumbæturnar.*

Eftirfarandi 4. mynd sýnir verðþróun á raforku til heimilisnota í OECD-ríkjum Evrópu á rúmum áratug. Hér eru Noregur og Bretland sýnd sérstaklega. Árið 1990 er valið sem viðmiðunarár, enda eru umbæturnar í þessum tveimur löndum að hefjast um það leyti.



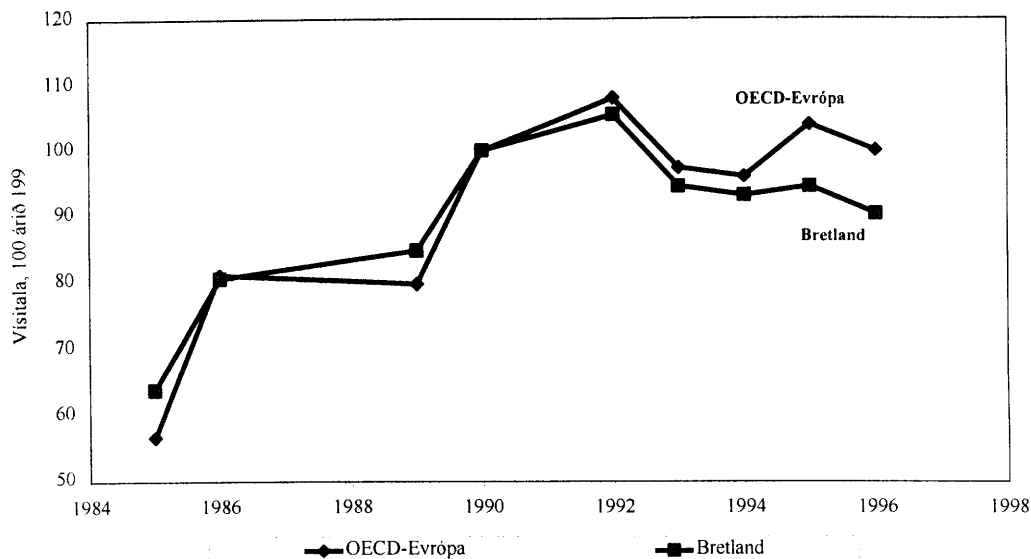
Heimild: Energy Prices and Taxes, Third Quarter 1997. IEA Statistics. OECD/IEA, París 1998.

#### MYND 4: Raforkuverð til heimila

Hafa verður þann fyrirvara á að hér eru skattar innifaldir. Þeir hafa verið nær óbreyttir í Noregi en hækkuðu í Bretlandi 1994 og geta skýrt um 8% af raforkuverðinu þar eftir þann tíma. Erfitt er að sjá að verð hafi lækkað í Noregi umfram það sem gerðist annars staðar. Árið 1996 er þó nokkuð sérstakt en þá var lítið vatn í norskum ám og raforkuverð hækkaði af þeim sökum. Í Bretlandi virðist vissulega vera nokkur lækkun, sérstaklega að teknu tilliti til skattbreytinganna.

Svipaða sögu er að segja um raforkuverð til iðnaðar, en sá hængur er á að þar eru Norðmenn ekki með á blaði þar sem þeir hættu að birta upplýsingar um slíkt verð eftir að markaðsvæðingin komst á. Af 5. mynd má ráða að orkuverð til iðnaðar á Bretlandi hafi lækkað hlutfallslega í samanburði við önnur Vestur-Evrópuríki.

<sup>4</sup> Office of Electricity Regulation.



Heimild: Energy Prices and Taxes, Third Quarter 1997. IEA Statistics. OECD/IEA, París 1998.

MYND 5: Raforkuverð til iðnaðar

### 3. Raforkutílskipun Evrópusambandsins

Eins og kunnugt er, og fram hefur komið hér á undan, hefur Evrópuþingið og ráðherraráðið sett tilskipun um innri markað með raforku.<sup>5</sup> Ekki er enn séð fyrir endann á því hvort þessi tilskipun verður tekin upp í EES-samninginn, en allar líkur eru þó á að svo verði. Bæði er að vart verður undan því vikist en jafnframt má ætla að það sé hagsmunamál EFTA/EES-ríkjanna að taka upp tilskipunina. Ef það yrði ekki gert kynni almennum samkeppnisreglum í EES-samningnum að vera beitt á raforkusviðinu og þá yrði staðan öll óvissari. Orkustofnun hefur í umsögn til iðnaðarráðuneytisins mælt með því að Íslendingar styðji upptöku tilskipunarinnar. Það er því ekki úr vegi að fara nánar yfir þessa tilskipun og íhuga áhrif hennar og framkvæmd hérlendis, verði af því að hún taki til alls EES-svæðisins.

#### 3.1 Saga raforkutílskipunarinnar

Raforkutílskipunin hefur verið lengi í bígerð, a.m.k. áratug. Á tímabili virtist málið ætla að sigla í strand og framkvæmdastjórn Evrópusambandsins lét þá í það skína að hún kynni að grípa til sinna ráða og beita almennum samkeppnisreglum á raforkuviðskipti. Þjóðum eins og Dönum, sem hafa sýnt öllum skipulagsbreytingum í raforkumálum tómlæti, leist þá ekki á blikuna. Sérstakar tilskipanir um orkuviðskipti (með raforku og gas) væru þá skárri kostur því þannig gæfist færi á að setja skilyrði eins og um umhverfismál og forgang endurnýjanlegrar orku. Menn tóku sér því tak og tilskipunin var sett 19. des. 1996 með gildistöku 19. feb. 1997. Síðan hafa ríkin frest til 19. feb. 1999 til að koma henni í framkvæmd. Belgar, Grikkir og Írar fá 1-2 ára frest að auki. Um Lúxemborgarbúa gilda ýmis sérákvæði.

Ríki eins og Noregur, Bretland, Svíþjóð og Finnland höfðu gert breytingar sem gengu a.m.k. jafnlangt og tilskipunin mælir fyrir um, en önnur ríki eru óðum að breyta. Þeir sem eru vel á veg komnir eru Þjóðverjar, Hollendingar, Spánverjar og Danir en þessi upptalning er ekki tæmandi þar sem þróunin er ör. Af þessum þjóðum fara Danir afar varfærnislega. Fróðlegt verður að sjá hvað Ítalir og þó einkum Frakkar munu gera, en þeir síðarnefndu munu efalaust í

<sup>5</sup> Tilskipun nr. 96/92/EC.

Þessum málum sem og mörgum öðrum fara eigin leiðir. Vart munu þeir brjóta upp sitt sterka ríkisrekna raforkufyrirtæki, EdF sem nær til alls raforkugeirans. Á hinn bóginn hefur EdF nýtt sér markaðsopnun í kringum sig til að styrkja stöðu sína utan Frakklands, m.a. með kaup á hlut í orkufyrirtækjum.

En um hvað snýst raforkutilskipunin? Tilskipunin er ekki auðlesin enda samsúða af málmiðlunum og er þegar kominn upp ágreiningur um túlkun.

Eftirfarandi eru nokkur helstu atriði samningsins. Jafnframt eru vangaveltur um aðlögunina hér á landi og þá sérstaklega hvernig á viðkomandi atriðum er tekið í þeirri stefnumótandi þingsályktunartillögu sem iðnaðar- og viðskiptaráðherra hefur lagt fyrir Alþingi.<sup>6</sup>

### 3.2 Virkjunarleyfi

Velja má á milli tveggja leiða um veitingu leyfa til virkjunar samkvæmt tilskipuninni:

- *Leyfisveitingar, þar sem allir sem uppfylla gagnsæ skilyrði geta hafð orkuvinnslu.*
- *Útboð, sem byggja á mati óháðs stjórnvalds á þörf á aukinni orku. Orkuvinnsluna skal síðan bjóða út á jafnræðisgrundvelli.*

Í báðum tilvikum verður þó jafnframt að heimila raforkunotendum framleiðslu til eigin þarfa svo og að tryggja aðgengi sjálfstæðra framleiðenda. Slíkir framleiðendur eiga rétt á að selja raforku til viðurkenndra stórnotenda (sjá síðar) eða til dreifiveitna. Það er þó háð skilgreiningu í viðkomandi ríkjum á hugtakinu *viðurkenndir stórnotendur* hvort dreifiveitur falla þar undir eða ekki. Að öðru leyti er skilgreining sjálfstæðra framleiðenda óljós í tilskipuninni, en rúm ákvæði um tilvist þeirra gerði útboðsleiðina næsta óvirka.

Sé leyfisveitingarleiðin farin er heimilt að setja fjölbreytt skilyrði um öryggi og áreiðanleika, umhverfisvernd, landnýtingu og staðsetningu, skilvirkni orku, eðli frumorkugjafans og þar með um forgang endurnýjanlegrar orku, svo og skilyrði um getu umsækjandans. Á hinn bóginn má ekki hafna umsókn með þeim rökum að nóg sé til af raforku.

Ekki sést glögg hvort á að bjóða út samkvæmt útboðsleiðinni: Er það keppni um að uppfylla eftirspurn við sem lægstu orkuverði? Eða að fullnægja eftirspurn og selja á markaðsverði en greiða sem hæst gjald fyrir markaðsaðgengið? Og hverjum á þá að greiða?

Útboðsleiðin virðist vera fremur í samræmi við þá stefnu sem fylgt hefur verið hér á landi hingað til. Þessi leið tilskipunarinnar ætti því að geta verið ásættanleg, vilji stjórnvöld halda áfram í tauminn á raforkuframboðinu.

Leyfisveitingaleiðin er á hinn bóginn fremur en leyfisveitingaleiðin vera í anda tillagna orkulaganefndar frá okt. 1996. Ýmsum spurningum verður þó að svara viðvíkjandi þessari leið:

- *Er tryggt að í okkar litla raforkukerfi verði fjárfestingar vel grundaðar og rétt tímasettar, sé ekki höfð einhver stýring á orkuframboðinu?*
- *Er víst að frjálst aðgengi með leyfisveitingaleiðinni skapi virkari samkeppni en útboðsleiðin? Er ekki hætt á því að stærsta eða stærstu orkufyrirtækin gíni yfir markaðinum? Væri smærri fjárfestum jafnvel auðveldara að hasla sér völl með útboðsleiðinni?*
- *Hefur með leyfisveitingu vegna virkjunar Nesjavalla ekki þegar verið mörkuð leið útboða til að bregðast við aukinni orkuþörf? En sem kunnugt er fær virkjunin að sinna auknum markaði á svæði Rafmagnsveitu Reykjavíkur.*

---

<sup>6</sup> Tillaga til þingsályktunar um framtíðarskipan raforkumála, lögð fyrir Alþingi á 122. löggjafarþingi 1997-98.

Því er haldið opnu í þingsályktunartillögunni um raforkumálin hvor leiðin verði valin og bíður það setningar nýrra raforkulaga, sem þar er heitið.

### 3.3 Aðskilnaður

Samkvæmt tilskipuninni þarf að aðskilja framleiðslu, flutning og dreifingu raforku, a.m.k. í bókhaldi orkufyrirtækja. Þetta er þróun sem þegar er hafin hérlendis og er eðlileg í hvívetna. Þetta ákvæði tilskipunarinnar ætti því vart að valda okkur vandkvæðum enda er ákvæðinu gerð ítarleg skil í þingsályktunartillögunni um raforkumálin.

### 3.4 Flutningskerfi

Kveða þarf á um skyldur þeirra sem eiga og reka flutningskerfi svo sem um álagsdreifingu. Verði ofaná að stofna sérstakt landsnet fyrir stofnlínuflutninga hér á landi – eins og að er stefnt með þingsályktunartillögunni – fengi það væntanlega einokun á flutningum, en slíkt væri heimilt samkvæmt tilskipuninni. Um leið væri þetta ákvæði tilskipunarinnar uppfyllt. Verði flutningsaðilar á hinn bóginn fleiri, t.d. þeir sem nú sjá um flutningana – Landsvirkjun, Rarik, Orkubú Vestfjarða og Hitaveita Suðurnesja – eru skyldurnar varðandi orkuflutninginn eðlilegt framhald af aðskilnaðinum í bókhaldi.

### 3.5 Aðgengi að kerfinu

Tryggja verður að öllum endanlegum orkunotendum, sem nota meira en 100 GWh/a (viðurkenndum stórnotendum), sé heimilt að gera beina orkukaupasamninga við framleiðendur og fá orkuna flutta eftir flutnings- og dreifikerfum (nema svokallaður eini eða staki kaupandi komi þar inn í sem milliliður). Hér eru stærðarmörkin þau sömu og gilda um stórnotendur skv. lögum um Landsvirkjun. Í reynd hafa því slík viðskipti tíðkast hér á landi. Nýmælið væri það að þessir stórkaupendur ættu að geta samið við hvaða framleiðanda sem er. Áform hérlendis undanfarið, svo sem hin óbeinu viðskipti Norðuráls við Hitaveitu Reykjavíkur eða hugsanleg viðskipti Hitaveitu Suðurnesja við magnesíumverksmiðju, eru þegar í þessum anda. Stefnbreyting yrði því ekki af tilskipuninni í þessum efnum. Samkvæmt þingsályktunartillögunni er raunar gert ráð fyrir að umrædd viðskiptamörk verði helmingi lægri, eða 50 GWh/a.

### 3.6 Hinn staki kaupandi

Í tilskipuninni er kveðið á um að hafa megi svokallaðan “staka kaupanda” á hverju dreifisvæði. Venjulega er það sá sami og reka skal orkuflutningskerfið, en svo þarf þó ekki að vera. Hlutverk þessa staka kaupanda er að vera milliliður milli framleiðenda og viðurkenndra stórnotenda. Hafi slíkur stórnotandi gert samning við framleiðanda um orkukaup má kveða á um að staki kaupandinn gangi ávallt inn í slík viðskipti. Viðskiptin fara að forminu til fram á almennu verði hins staka kaupanda. En hvaða greiðslur kunna síðan að fara á milli framleiðandans og stórnotandans er þeirra mál.

Með þessu ákvæði er hægt að tryggja að öll heildsöluviðskipti fari formlega í gegnum einn og sama aðila, sem gæti verið kauphöll með orkuna. Það munu hafa verið Frakkar sem hömpuðu þessu ákvæði, væntanlega til að styrkja stöðu síns miðstýrða raforkurisa EdF. En nú segja sögur að þeir hyggest ekki nýta sér ákvæðið. Fróðlegt verður að vita hvað þeir gera í staðinn.

### 3.7 Magnákvæði um frjáls viðskipti

Aðildarríkin eiga að sjá til þess að visst lágmarkshlutfall raforkusölu geti fallið undir ákvæði frjálsra viðskipta milli framleiðenda og endanlegra notenda. Þetta hlutfall á að fara stighækkandi á sex ára tímabili og nema að lokum a.m.k. þriðjungu heildarviðskipta með raforku. Núverandi stóriðjunotendur á Íslandi hafa allir sérstaka samninga um orkukaup sín og



njóta þar með frjálsra viðskipta í skilningi þessa ákvæðis. Jafnframt nota þeir nú þegar um eða yfir helming raforkunnar. Umrætt ákvæði er því sjálfgefið fyrir okkur Íslendinga.

### 3.8 Undanþágur

Nokkur ákvæði eru um fyrirvara og undantekningar. T.d. gætu Íslendingar haft varann á varðandi beina erlenda fjárfestingu í orkugeiranum, með þeim rökum að magn hennar kynni að ofgera getu hagkerfisins, enda stangist það ekki á við önnur ákvæði EES-samningsins. Þá eru heimil frávik í neyðartilvikum svo og aðlögunarákvæði þar sem m.a. er vísað til sérstöðu einangraðra raforkukerfa, eins og okkar.

### 3.9 Afstaða Íslands

Það var niðurstaða Orkustofnunar í umsögn hennar um upptöku raforkutilskipunar Evrópusambandsins í EES-samninginn að ekki séu vandkvæði á því að tilskipunin nái til Íslands. Þvert á móti verði að telja að gildistaka tilskipunarinnar hér á landi geti styrkt stefnu stjórnvalda um fyrirkomulag raforkumála og um nýtingu orkulinda landsins, sbr. stefnumótunina í þeirri þingsályktunartillögu sem nú hefur verið lögð fram. Þó kann að þurfa að gaumgæfa hvort eða hvaða fyrirvara kunni að vera rétt að gera.

Svigrúm tilskipunarinnar er allmikið, þ.a. ákvörðun um að taka hana inn í EES-samninginn leysir okkur aftur á móti ekki undan þeim vanda að velja og hafna í skipan raforkumála. Á þetta er drepið í næsta kafla.

## **4. Fyrirkomulag raforkumála á Íslandi**

Skipan orkumála á Íslandi er í gagngerðri endurskoðun eins og víða erlendis. Þetta hefur þegar birst í skýrslu orkunefndar um framtíðarskipulag orkumála<sup>7</sup>, skýrslu eigendaneftdar Landsvirkjunar<sup>8</sup> og síðan í þingmálum ríkisstjórnarinnar á yfirstandandi þingi: Fyrirgreindri þingsályktunartillögu um framtíðarskipan raforkumála, frumvarpi til laga um eignarhald og nýtingu á auðlindum í jörðu og frumvarpi til laga um þjóðlendar o.fl. Auk þess hafa stjórnarandstöðuþingmenn lagt fram fjölda mála um sama efni.

Ýmsir innri og ytri þættir hafa áhrif á þessa þróun alla, ekki hvað síst alþjóðlegar skuldbindingar um losun gróðurhúsalofttegunda í kjölfar ráðstefnunnar um þau mál í Kjótó.

Ég hef hér á undan reifað hvað er gerast í hinum stóra heimi í fyrirkomulagi raforkumála. Freistandi er að halda áfram þessum vangaveltum og tengja betur saman hina erlendu og innlendu þróun. En tíminn leyfir það ekki. Ég vil því ljúka þessari umfjöllun með því að nefna atriði þar sem við Íslendingar höfum nokkra sérstöðu, mál sem að mínu mati er ekki tekið á í þeim opinberu plöggum sem nefnd hafa verið. Svara þarf eftirfarandi spurningum:

- *Hvernig á að útteila aðganginum að orkuauðlindum okkar nú þegar framundan er samkeppni í raforkuframleiðslu og þar með keppni um nýtingu á auðlindunum?*
- *Hvort og þá hvaða gjald á að koma fyrir nýtingarréttinn?*

### 4.2 Samkeppni um orkuauðlindir Íslands

Hingað til hafa öll meiriháttar raforkuver verið í eigu opinberra aðila. Fyrir afnot af auðlindum, vatnsföllum og jarðgufu, hefur ekki verið greitt sérstaklega, enda hafa auðlindirnar í reynd verið í sameign að mestu leyti. En landsmenn hafa væntanlega notið arðs af þeim í lægra orkuverði en ella.

---

<sup>7</sup> Dags. 9. okt. 1996.

<sup>8</sup> Dags. 27. okt. 1996.

Nú er stefnt að því að innleiða almennan markaðsbúskap í raforkumálum. Við það mun verða samkeppni um aðgang að auðlindum í eigu eða á forræði hins opinbera. Brynt er að leikreglur um það hvernig það aðgengi fái verið mótaðar áður en keppnin hefst. Raforkutilskipunin svo og almenn ákvæði EES-samningsins hljóta að kalla á fullt jafnræði um nýtingu á opinberum auðlindum.

Ekki verður séð að á þessum vanda sé tekið í þeim þingmálum ríkisstjórnarinnar sem nú liggja fyrir Alþingi. Að vísu eru ákvæði um leigugjald fyrir afnot af þjóðlendum í því frv. sem um þær fjallar, en skilja má að það verði ekki hátt og geti því vart skilið keppendur að þegar margir verða um sömu hituna í hugsanlegu kapphlaupi um orkulindirnar.

- *Á þá að beita markaðsaðferðum við að gera upp á milli þeirra sem vilja nota sömu virkjunarsvæðin, þ.e.a.s. viðhafa einhvers konar útbod?*
- *Eða sjá menn aðrar leiðir sem í senn tryggja jafnræði og að auðlindaardurinn fari í réttar hendur?*

Það er ekki hlutverk Orkustofnunar að gera beina tillögu um það á hvern hátt á að taka á þessum útteilingarvanda, enda um pólitískt viðfangsefni að ræða. Hér er fyrst og fremst verið að vekja athygli á viðfangsefninu og hvetja stjórnámálamenn til að leggja á ráðin um lausn þess í tæka tíð þannig að markaðsvæðingu raforkubúskaparins fylgi ekki sama óvissan og deilurnar og verið hafa um langa hríð um aðgönginn að fiskimiðunum, sameign þjóðarinnar.

## 5. Lokaorð

Ég hef reifað þá byltingarkenndu þróun sem á sér stað um víða veröld í fyrirkomulagi raforkumála, markaðsvæðingu og einkavæðingu. Ég hef minna en skyldi vikið að stöðu okkar Íslendinga í þessum málum og ekki kveðið upp úr um það í hvaða mæli við eigum að fylgja með fram yfir það að taka upp tilskipun Evrópusambandsins. Augljóslega höfum við nokkra sérstöðu sakir fámennis og landfræðilegrar einangrunar.

Okkar Landsvirkjun er stór eining í íslenska hagkerfinu en er engu að síður smáfyrirtæki í orkugeira heimsins, er væntanlega fyrir neðan 10. sæti meðal raforkuframleiðenda á Norðurlöndum. Rafmagnsframleiðsla Landsvirkjunar er jafnframt undir 2% af heildarframleiðslunni á Norðurlöndum. Getum við náð og notið samkeppni án uppskiptingar Landsvirkjunar í minni fyrirtæki? Ef svo er ekki, verður þá ávinningurinn af uppskiptingunni meiri en óhagkvæmnin af minni rekstrareiningum?

Hér er spurt en ekki svarað. Sem viti bornir menn eigum við að reyna að leita að svörum við þessum og álíka spurningum áður en afdrifarík skref eru stigin. En svo getur þó komið að ekki fái svör. Því getur þurft að taka ákvarðanir sem ekki verða að fullu rökstuddar. Stundum verður að stökka en ekki hrökkva. Yfirleitt hefur gefist best að yfirfærsla miðstýrðra kerfa í markaðskerfi gangi hratt fyrir sig. Benda má á að opnun íslenska hagkerfisins útávið og samkeppnin sem því fylgdi, hefði að skaðlausu mátt ganga hraðar en raunin varð. Þjóðin hefði þá notið ávinningsins fyrr.

Á þetta líka við um markaðsvæðingu raforkugeirans?

**Ný viðhorf í orkurannsóknum**

## Ársfundur Orkustofnunar 1998

# Ný viðhorf í orkurannsóknum

Sveinbjörn Björnsson deildarstjóri  
Auðlindadeild

### Breytt viðhorf

Þótt Orkustofnun hafi skilað miklum árangri í starfi hafa ytri aðstæður knúið fram róttækar breytingar á skipulagi stofnunarinnar og endurskilgreiningu á hlutverki hennar. Markmið þeirra er að búa stofnunina betur undir að starfa í nýju umhverfi þar sem skýrt er greint á milli hlutverks hennar á sviði ráðgjafar og stjórnsýslu, áætlana og skilgreiningar verkefna, og þess hlutverks að framkvæma þær rannsóknir sem ríkið vill fjármagna.

Í áætlunum sínum um orkurannsóknir verður stofnunin að taka tillit til breyttra viðhorfa jafnt á innlendum sem erlendum vettvangi. Við höfum gerst aðilar að margþættu alþjóðasamstarfi sem mun binda hendur okkar og m.a. setja uppbyggingu stóriðju strangar skorður vegna loftmengunar. Áhugi á verndun náttúru hefur vaxið stórum og þar verða orkufyrirtæki að taka tillit til hagsmuna verndunar og þeirra atvinnugreina sem byggja starfsemi sína á ferðamönnum sem hingað koma í leit að ósnortinni náttúru. Sá tími er liðinn að skáld yrki lofkvæði um virkjunarmenn, og „bormenn Íslands“ eru að týna tölunni. Stundum kemur okkur jafnvel í hug, þegar umræða um náttúruvernd er áköfust, að þess verði skammt að bíða að virkjunarmenn teljist í flokki með minkinum til helstu skaðvalda en refurinn verði friðaður sem hluti ósnortinnar náttúru.

Frumvörp um þjóðlendur, skipulag miðhálandis og eignarhald á auðlindum eru til umræðu á Alþingi. Þar er einnig tillaga að þingsályktun um framtíðarskipan raforkumála sem felur í sér markaðsvæðingu orkugeirans að hluta. Jafnvel er rætt um gjald fyrir nýtingu auðlindanna. Samhliða þessu verður vart aukins áhuga erlendra fyrirtækja á því að nýta hreina og hagkvæma orkugjafa hér á landi og eiga þátt í byggingu virkjana.

Ljóst er að með aukinni markaðsvæðingu mun draga úr þeirri miðstýringu sem ríkið hefur haft á orkumálum. Ríkið mun gæta jafnræðis gagnvart orkufyrirtækjum. Eftir situr sú spurning hvort samt verður ekki talin þörf á að einn aðili hafi yfirlit og umsjón með orkunýtingu, skipulagi orkumála og orkurannsóknum.

Eignaraðild að virkjunarstöðum jarðhita fer oftast eftir landareignum en mörk þeirra eru oft á reiki. Þessi óvissa, og deilur sem af henni spretta, hefur tafið virkjun á nokkrum stöðum. Verðmæti orkulindar verður fyrst ljóst með rannsóknum. Á ríkið að rannsaka orkulind í einkaeign og auka þannig verðmæti einkaeignar með ríkisfé? Tæplega getur ríkið stýrt nýtingu orkulindar í einkaeign.

Í sumum tilvikum hefur það tafið undirbúning virkjunar að enginn hefur fundist til að taka við þegar ríkið telur nóg að gert á sínum vegum. Þeirri hugmynd hefur verið fleygt að ríkið ætti að gefa út og selja rannsóknarleyfi til fyrirtækja sem vilja annast slíka rannsókn og fjármagna hana. Orkufyrirtæki eru skiljanlega treg til að kosta

undirbúningsrannsóknir nema þeim sé tryggt að réttur til virkjunar fylgi á eftir eða kostnaður þeirra fái endurgreiddur af þeim sem virkjar. Hver ætti þá að greiða ef ekki verður af virkjun, t.d. vegna umhverfismats eða vegna þess að kostnaður þykir of hár miðað við aðra virkjunarkosti? Í þessu sambandi mætti velta því fyrir sér hvaða umboð ríkið hefði til að gefa út rannsóknarleyfi til auðlinda í einkaeign?

### **Hlutverk ríkis í orkurannsóknum**

Helstu þættir sem ljóst er að verða hlutverk ríkis í orkurannsóknum eru:

- Rannsóknir á náttúrufari
- Rannsókn á orkulindum
- Heildarmat á vatnsorku og jarðhita
- Forathugun á virkjunum
- Mat á umhverfisáhrifum nýrra virkjana
- Röðun virkjunarkosta eftir hagkvæmni og verndargildi
- Uppbygging og umsjón með gagnabanka
- Miðlun og sala gagna um orkulindir
- Rannsóknir á orkubúskap og langtímaáætlanir í orkumálum
- Eftirlit með orkuvinnslu og orkunýtingu
- Úthlutun og sala rannsóknarleyfa og virkjunarleyfa

### **Helstu markmið orkurannsókna á vegum ríkisins**

Auk grunnrannsókna á orkulindum landsins hlýtur fyrsta markmið orkurannsókna á vegum ríkisins að vera að tryggja nægan undirbúning virkjana til að mæta almennum vexti í orkuþörf en hann mun vera innan við 5 % á ári. Þar næst kemur það markmið að ljúka forathugun helstu virkjunarkosta sem til greina kæmu fyrir stóriðju en þarfir hennar vaxa í stórum stökkum sem engin leið er að spá um með öryggi. Dæmi um slík áform kynnti iðnaðarráðherra á aðalfundi Samorku 13. mars s.l. þar sem í viðræðum við Norsk Hydro er verið að kanna fýsileika þess að byggja álbræðslur á Austurlandi sem mundu þurfa nýjar virkjanir með um 7000 GWh/a orkugetu fyrir 2010 eða sem næst nýja 100 MW virkjun á hverju ári.

Eitt meginverkefni framtíðar í orkurannsóknum verður að auka hlut innlendra orkugjafa t.d. í farartækjum á sjó og landi en til þeirra má rekja 2/3 hluta loftmengandi útblásturs hér á landi.

Ríkið hlýtur einnig að hvetja til samnýtingar orkugjafa í raforkuframleiðslu og húshitun til að ná sem mestri hagkvæmni. Slík þróunarverkefni yrðu unnin í samvinnu við orkufyrirtæki.

### **Húshitun**

Þótt eldsneyti hafi nánast verið útrýmt í húshitun eru enn um 45 þúsund manns sem ekki njóta jarðhita. Þeir nýta flestir niðurgreidda raforku. Þessar niðurgreiðslur munu nema 400 - 500 milljónum króna á ári eða sem nemur tvöföldum fjárveitingum til reksturs

Orkustofnunar. Full ástæða er því til að halda áfram leit að nýtanlegum jarðhita á þeim svæðum sem ekki njóta hans enn. Slík leit hefur borið ánægjulegan árangur á undanförunum árum. Mynd 1 gefur yfirlit yfir fjölda þeirra sem ekki njóta jarðhita til húshitunar nú. Fyrsta súla í hverju héraði sýnir fjölda þeirra sem líklegt er talið að geti fengið jarðhita, miðsúlan sýnir fjölda á svæðum þar sem frekari rannsókna er þörf, en þriðja súlan fjölda þeirra sem ólíklegt þykir að muni fá afnot af jarðhita.

### **Rannsóknir orkufyrirtækja**

Orkufyrirtæki mundu sjálf annast rannsóknir á stöðum þar sem virkjunar- eða rannsóknarleyfi eru fyrir hendi. Þeim bæri einnig skylda til að fylgjast með áhrifum virkjunar á umhverfi meðan hún er byggð og eftir að hún hefur tekið til starfa. Þau munu jafnframt skila gögnum í gagnabanka um orkuvinnslu, orkunotkun og orkurannsóknir á sínum vegum.

### **Undirbúningur að virkjun til raforkuframleiðslu**

Mynd 2 sýnir áfangaskiptingu rannsókna til undirbúnings að virkjun vatnsfalla. Undirbúningstíminn er teiknaður á lóðréttan ás, alls um 8 ár frá byrjun forathugunar að ákvörðun um virkjun. Þar tekur forathugun virkjunarstaðar tvö ár, samræmd forathugun önnur tvö, frumhönnun hálf tveimur árum og verkhönnun um tvö ár. Á láréttum ás er hlutfall af heildarkostnaði virkjunar. Ferillinn gerir ráð fyrir að við byrjun forathugunar sé fjárfesting í almennum rannsóknum svo sem mælingum á rennsli og gerð land- og jarðfræðikorta korta um 0,5%, við upphaf frumhönnunar 0,8%, við upphaf verkhönnunar 1,2% og í lok verkhönnunar 4% af heildarkostnaði virkjunar. Hér er miðað við að stofnkostnaður virkjunarinnar nemi um 20 Mkr/(GWh/a). Inn á myndina eru merkt nöfn helstu virkjunarstaða vatnsafls sem til rannsóknar hafa verið en eru ekki enn komnir til virkjunar. Tala í sviga táknar áætlaða orkugetu hvernir virkjunar. Næst ákvörðun um virkjun standa Fljótsdalsvirkjun (1100 GWh/a) og Vatnsfell (500 GWh/a) en skemmst á þessari mynd er komin rannsókn Hvalár í Ófeigsfirði. Virkjanir á verkhönnunarstigi eru um með samanlagða orkugetu um 3500 GWh/a og á frumhönnunarstigi um 5000 GWh/a.

Mynd 3 sýnir hliðstæða áfangaskiptingu rannsókna til undirbúnings að virkjun jarðhita til raforkuframleiðslu. Þar er miðað við 20 MW virkjanir með orkugetu um 160 GWh/a. Undirbúningstími að ákvörðun um virkjun er metinn 4 ár. Þar af tekur forathugun 1 ár, rannsóknir á yfirborði jarðhitasvæðisins 2 ár og fyrstu boranir 1 ár. Á láréttum ás er kostnaður sýndur sem hlutfall af heildarkostnaði virkjunar. Þar er reiknað með að stofnkostnaður nemi 15 Mkr/(GWh/a). Í byrjun forathugunar er kostnaður við almennar rannsóknir metinn 0,2%, við byrjun yfirborðsrannsókna 0,5%, við byrjun rannsóknarborana 1,8 % en í lok þeirra 10%. Á sama hátt og í mynd 2 eru merkt inn nöfn helstu virkjunarstaða sem til rannsóknar hafa verið. Þar er átt við eina 20 MW virkjun á hverjum stað nema í Torfajökli, þar sem vænta má allt að 5 virkjunarstaða á 80 ferkílómetra svæði. Virkjunarstaðir sem komnir eru að stigi rannsóknarborana eða lengra eru með samanlagða orkugetu um 1500 GWh/a.

Þessar tölur sýna að rannsókn virkjunarstaða stendur vel. Alls eru virkjunarstaðir með samanlagða orkugetu um 5000 GWh/a þar sem taka mætti ákvörðun um virkjun innan tveggja ára. Byggingartími jarðhitavirkjana er um 2- 3 ár en öllu lengri fyrir

vatnsaflsvirkjanir, einkum þær sem stærri eru. Þessi forði rannsakaðra virkjunarstaða er þó fljótt uppurinn ef til framkvæmda kæmu þau áform sem ráðherra kynnti um álbræðslur á Austurlandi jafnhliða hugsanlegum stækkunum þeirra iðnfyrirtækja sem þegar eru á Suðvesturlandi. Verði þessi áform að veruleika er ljóst hraða þarf rannsókn þeirra virkjunarstaða sem eru skemmra á veg komnir. Til þeirra rannsókna þarf aukið fé úr ríkissjóði eða frá öðrum sem kaupa vildu rannsóknarleyfi og ávaxta fé sitt með fjárfestingu í rannsóknum.

### **Orkusjóður**

Eðlilegt er að Orkusjóður verði eflður til að gegna lykilhlutverki í fjármögnun orkurannsókna. Þeir aðilar sem fengju virkjunarleyfi mundu endurgreiða sjóðnum þá fjárfestingu sem komin væri í rannsóknir virkjunarstaðar þegar þeir taka við. Einnig virðist eðlilegt að þeir sem fá leyfi til orkuvinnslu greiði nýtingargjald í Orkusjóð sem hann veitti aftur til styrkja og lána í rannsóknarskyni.

### **Nýjar aðferðir til jarðhitarannsókna**

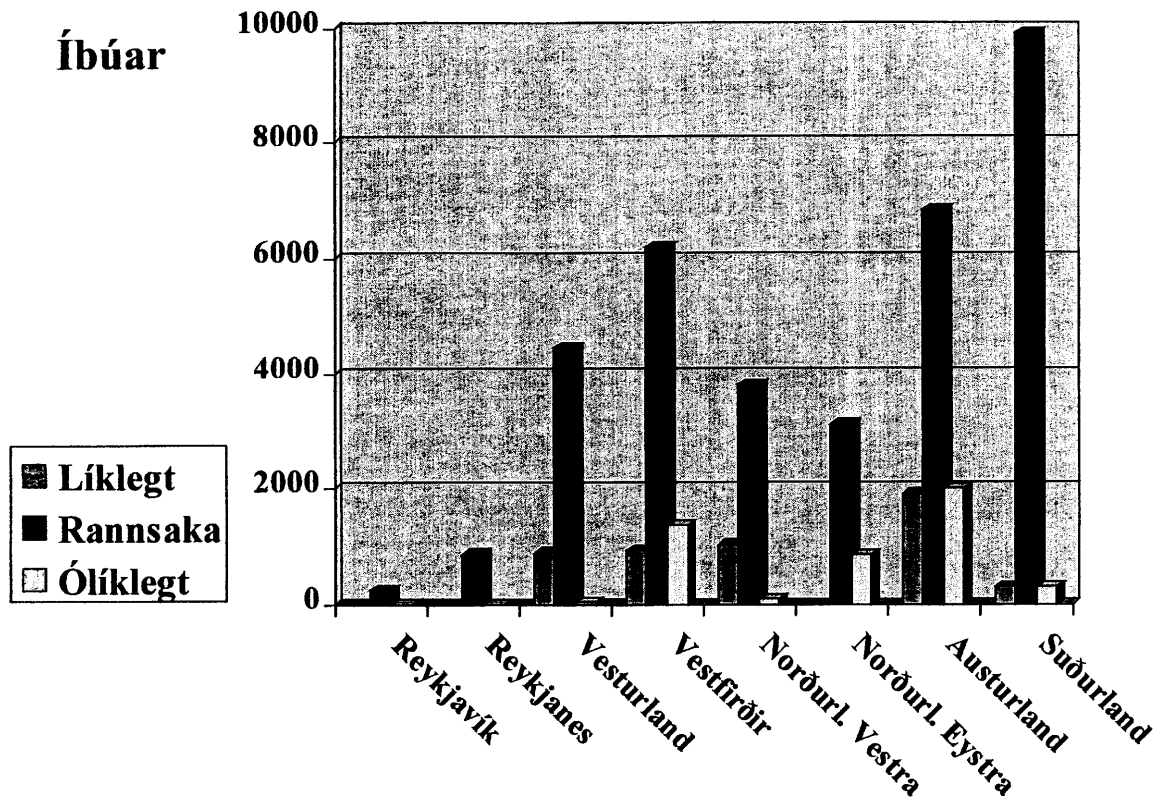
Stöðugt þarf að vinna að þróun nýrra aðferða til jarðhitarannsókna. Meðal athyglisverðra nýjunga sem unnið er að á Rannsóknarsviði Orkustofnunar má nefna notkun skjálfta til að kortleggja sprungur djúpt í bergi og borun skáhola með valinni stefnu til að skera þessar sprungur þar sem von er á vatni í þeim. Mjög góður árangur hefur náðst með ódýrum leitarborunum til að kortleggja hitastigul og velja besta stað fyrir dýpri holur. Þá er unnið að tilraunum með niðurdælingu vatns í jarðhitakerfi, bæði lághita og háhita, til að vinna gegn þrýstilækkun í kerfunum af völdum vinnslu og til að nema varma úr berginu. Þessar tilraunir eru samvinnuverkefni með hitaveitum og erlendum rannsóknarstofnum og njóta ríflegs styrks frá Evrópusjóðum vegna alþjóðlegs mikilvægis.

### **Orkuvinnslu í sátt við umhverfið**

Auk rannsókna á orkulindum hlýtur Orkustofnun að eiga frumkvæði að verkefnum sem miða að hagkvæmari nýtingu orkugjafanna og draga úr áhrifum orkuvinnslu á umhverfi, stuðla að orkusparnaði og fjölbreyttari atvinnu, t.d. með notkun jarðhita og heits vatns í iðnaði og til ferðaþjónustu.

Langtímamarkmið Orkustofnunar verður að stuðla að orkuvinnslu í sátt við umhverfið. Tryggt verði viðunandi framboð náttúrulegs umhverfis og virt verndun sérstæðrar náttúru. Þessu markmiði verði náð jafnhliða lágu orkuverði og án þess að orkuvinnslan raski náttúrulegu ástandi orkulindarinnar.

# Líkur á jarðhita til húshitunar

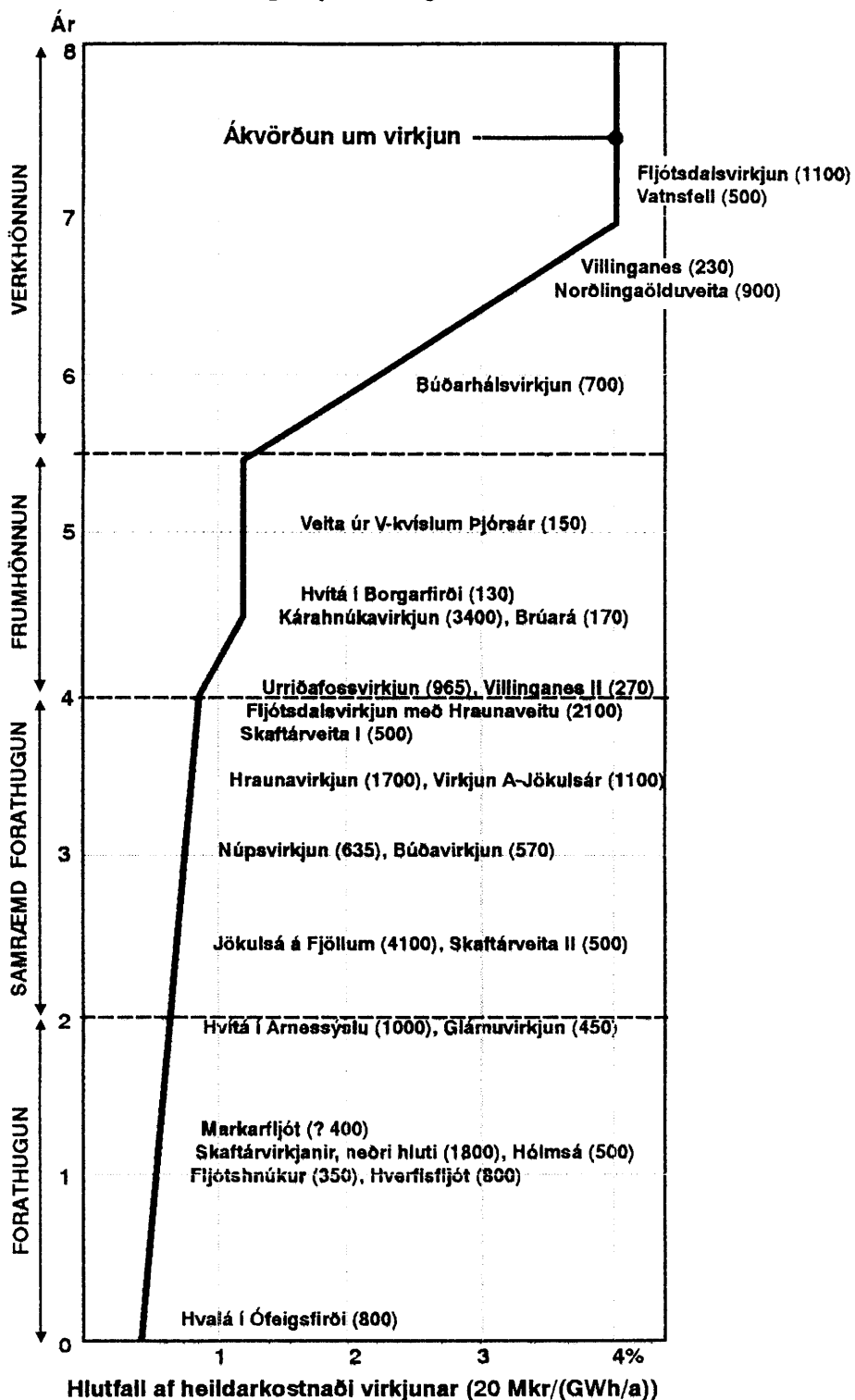


Mynd 1. Líkur á jarðhita til húshitunar.



## Undirbúningur fyrir virkjun vatnsfalla

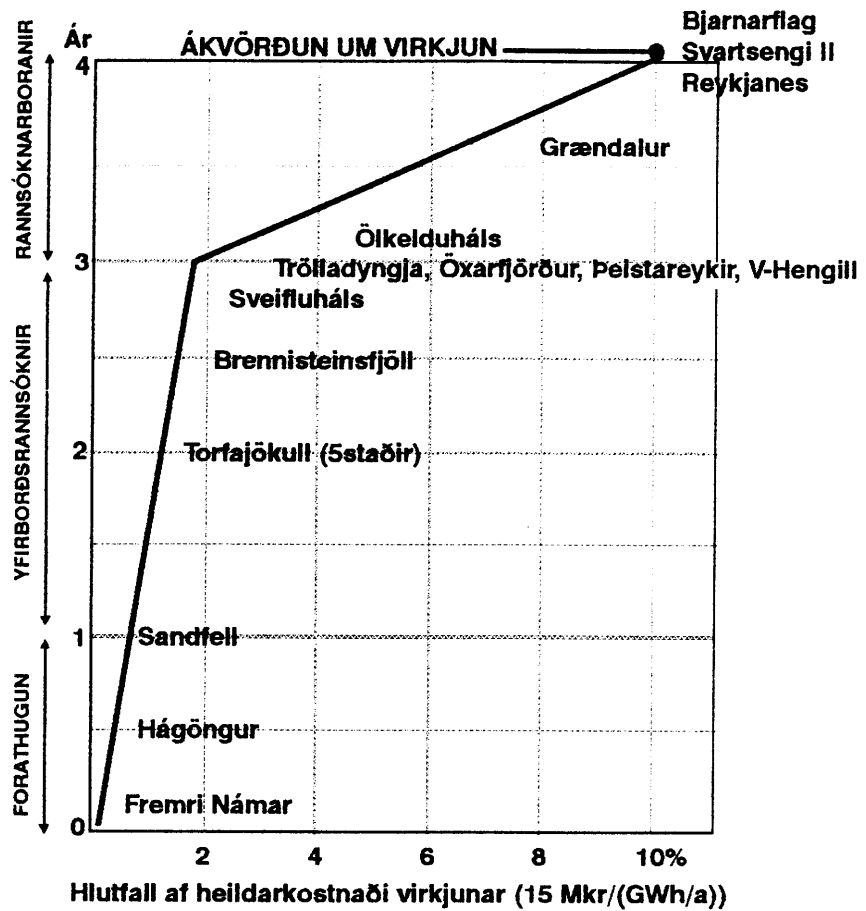
Tölur í sviga sýna orkugetu í GWh/a



Mynd 2. Undirbúningur fyrir virkjun vatnsfalla.

## Undirbúningur fyrir virkjun jarðhita

Miðað er við 20 MW afl og 160 Gwh/a



Mynd 3. Undirbúningur fyrir virkjun jarðhita.

## **Jarðhitaleit á köldum svæðum**

## Jarðhitaleit á köldum svæðum

Grímur Björnsson og  
Kristján Sæmundsson

### 1. Inngangur

Undanfarin ár hefur borið á fréttum um heitavatnsfundi víða um land. Oft hefur vatnið fundist á svæðum þar sem hingað til hafa verið taldar litlar sem engar líkur á vinnslu heits vatns úr bergi. Þessir heitavatnsfundir hafa valdið nokkurri kúvendingu í afstöðu manna til þess hvar mögulegt er að bora eftir heitu vatni. Í eftirfarandi erindi verður greint frá nokkrum leitarverkefnum sem hafa leitt til viðhorfsbreytingarinnar og hvaða framtíðarsýn erindishöfundar hafa til áframhaldandi jarðhitaleitar vítt og breitt.

Segja má að fram á miðjan níunda áratuginn hafi jarðhitaleit á Íslandi nær einskorðast við svæði þar sem volgrur eða laugar voru á yfirborði. Laugarnar urðu þannig eins konar grunnpunktur jarðhitaleitarinnar. Út frá þeim voru síðan raktar helstu sprungur og brot auk þess sem rafleiðni jarðlaga var könnuð með viðnámsmælingum. Efnainnihald laugavatnins var notað til að meta hvort jarðhitakerfið sem fæðir laugina væri nógu heitt fyrir hitaveitu. Að fengnum öllum þessum þáttum var síðan ráðist í vinnsluboranir og virkjun svæðanna.

Öðru máli gegndi um landshluta þar sem fáar eða engar laugar eða volgrur fundust á yfirborði. Um þau skapaðist sú ímynd að þau væru köld, þ.e. að þar væri óverulegur jarðhiti og að of kostnaðarsamt væri að vinna hann til húshitunar. Slík svæði fengu á sig það ónotalega nafn „köld svæði“. Stærstu landssvæðin af þessu tagi eru 1) Austfirðir, 2) Norðausturland austan Axarfjarðar, 3) Austurskagi og Skagi, 4) Vestfirðir að hluta, 5) Snæfellsnes og Mýrar og 6) suðurströndin frá Þorlákshöfn og austur úr.

Jarðhitaleit síðustu 10-15 ára hefur svo sýnt að skilgreiningin „köld svæði“ á mjög undir högg að sækja og er þrengt að þeim úr öllum áttum. Nýjar hitaveitur hafa verið stofnaðar og aðrar eru í undirbúningi.

Greinarhöfundar telja að þann árangur sem náðst hefur megi þakka eftirtöldu:

1. Almennum og miklum áhuga sveitarstjórnarmanna, orkufyrirtækja og bænda víða um land. Þeirra þáttur er tvímælalaust stærstur, á þeim hvílir ábyrgðin á verkefnum og þeirra er að útvega framkvæmdaféð.
2. Þrjúsku landeigenda sem bora á svæðum þar sem óverulegar líkur voru taldar á heitu vatni, stundum í andstöðu við álit jarðvísindanna.

*Erindi þetta er tiltækt á vefnum, þar með talið myndirnar í lit. Slóðin er:*

<http://os.is/~grb/arsfundur.98>

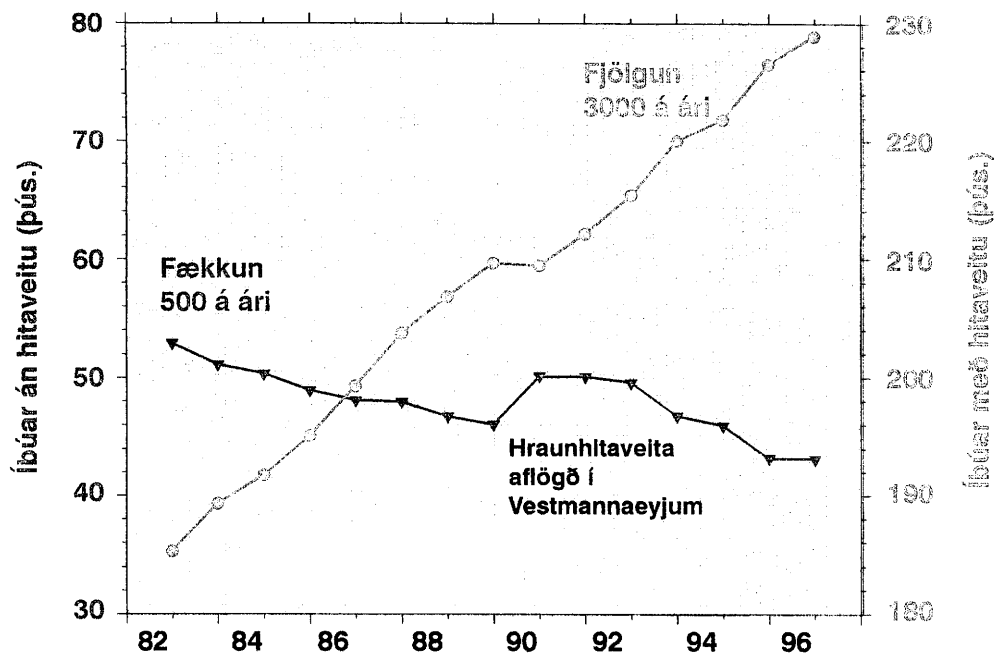
3. Vaxandi kjarki og þekkingu jarðhitamanna við heitavantsleit á svæðum þar sem engar laugar eru til að rekja sig út frá.
4. Stjórnvöldum sem veitt hafa fé til rannsókna, gagnavörslu og borana.

Ekki má gleyma að ný atriði eru til komin sem gera leit að jarðhita utan laugasvæða markvissari. Þar má nefna eftirfarandi:

1. Hagstætt verð á grunnum leitarholum (50-100 m djúpar).
2. Miklar framfarir í skjálftavísindum og þar með vitneskju um legu virkra, vatnsleiðandi brota djúpt í jörðu.
3. Öflugt, tölvuvætt gagnasafn á Orkustofnun sem hýsir nánast allar mælingar sem gerðar hafa verið í íslenskum borholum.
4. Tiltölulega langlíf fyrirtæki sem koma að jarðhitaleitinni, bæði í rannsóknum, borunum, vinnslutækni, hönnun og dreifingu.
5. Fyrri verkefnum hefur mjög oft lokið með góðum árangri.

Síðast en ekki síst virðist, ef marka má mynd 1, sem landsmenn vilji einkum og sér í lagi búa á svæðum þar sem hitaveita er.

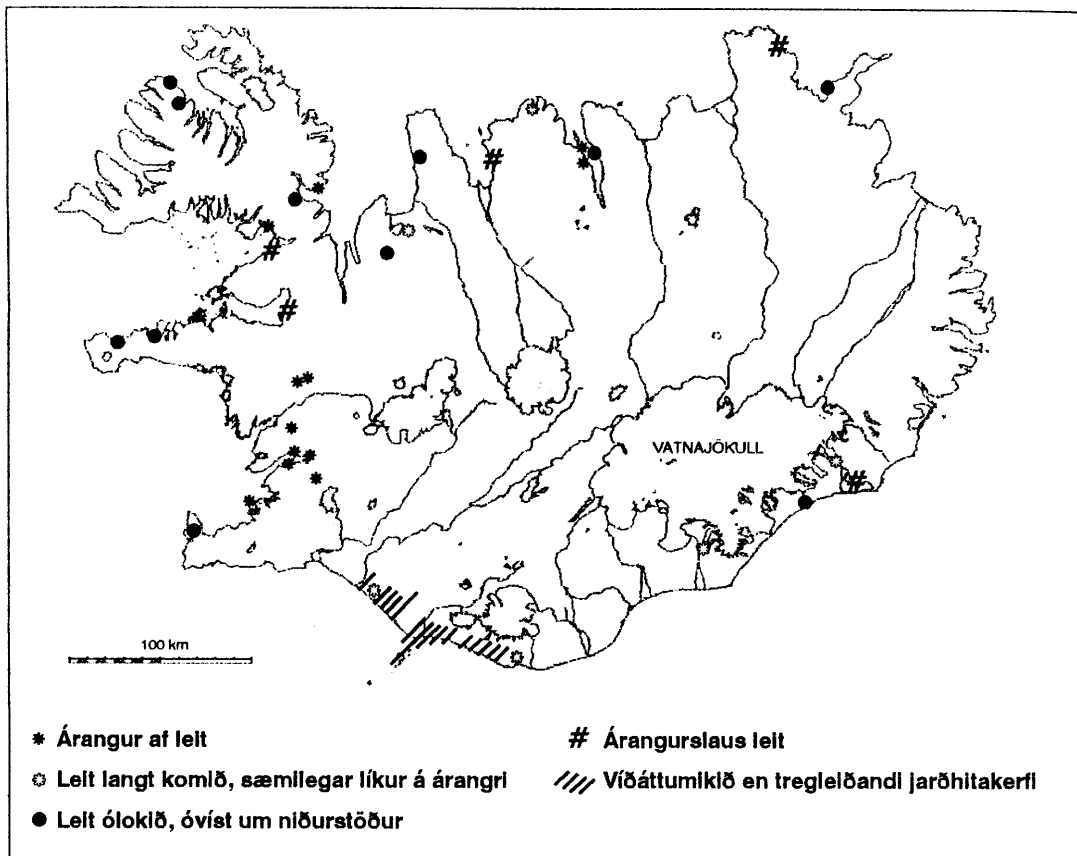
## Próun húshitunar á Íslandi



**Mynd 1:** Saga íbúatölu á svæðum sem eru ýmist með eða án hitaveitu. Upplýsingarnar eru fengnar frá Orkubúskapardeild.

## 2. Þróun síðustu ára

Mynd 2 sýnir þau „köldu svæði“ þar sem einkum hefur verið unnið að jarðhitaleit síðustu 10-15 árin. Um fjölmarga staði er að ræða. Víða er búið að virkja heita vatnið sem fannst, eða hitaveitur eru í undirbúningi. Á öðrum stöðum er leit í gangi og sæmilegar líkur á árangri. Annars staðar er enn of snemmt að segja til um hvort leitin beri árangur og loks eru svæði þar sem jarðhitaleit hefur verið hætt þar sem undirbúningsrannsóknir bentu ekki til nýtanlegs jarðhita.



**Mynd 2:** Helstu svæði, utan laugasvæða, þar sem jarðhitaleit er ýmist í gangi eða lokið.

Fróðlegt er að skoða kostnað við jarðhitaleitina á „köldum svæðum“. Greinarhöfundar hafa slegið á að meðalkostnaður á MW varma, ofan 30 °C hita, sé rétt undir 10 milljónum króna. Hæstur hefur hann farið í nærri 100 milljónir á MW, en lægstur er hann undir 1 milljón. Við teljum að þessi árangur sýni að framangreind jarðhitaleit hafi átt fullan rétt á sér og að áfram megi halda leitinni, að því gefnu að vilji og fjármagn sé fyrir hendi heima í héraði.

Almennt virðist sem verðbilið 20-40 milljónir sé raunhæft sem eins konar „pakkaverð“ á jarðhitaleit sem lýkur með borun og prófun djúprar vinnsluholu.

### 3. Almennt um hugmyndalíkön jarðhitakerfa

Mynd 3 sýnir á einfaldan hátt helstu gerðir jarðhitakerfa íslenskra sem nú er ýmist unnið úr eða leitað að. Myndinni er ætlað að undirstrika mikilvægi þess að jarðhitakerfin eru ólík innbyrðis. Miklu skiptir að menn átti sig á innri gerð þeirra sem allra fyrst í rannsóknarferlinu, það tryggir að frekari rannsóknir og boranir verði árangursríkar og haldi kostnaði í skefjum.

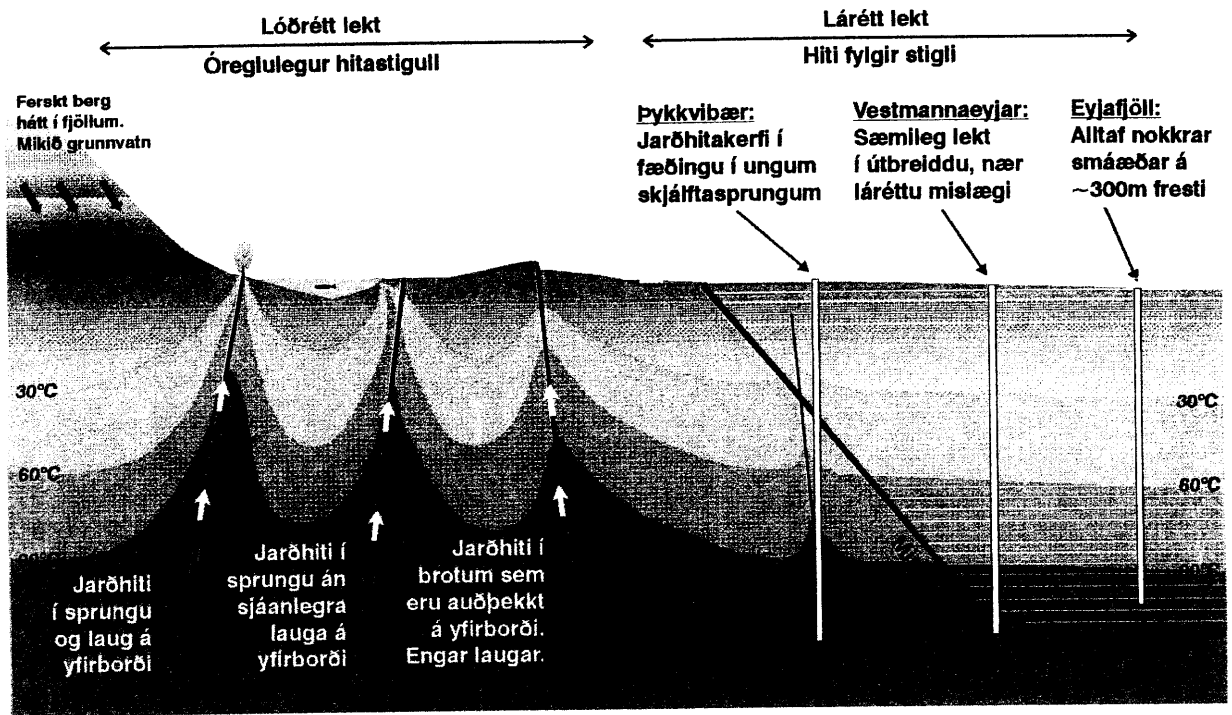
Öll eiga jarðhitakerfin á myndinni það sammerkt að í þeim eru sámilega lekar jarðmyndanir, ýmist lóðréttar eða láréttar. Undantekningin er svo svæði þar sem boraðar eru vatnslausar holur niður í nægan hita. Þessi kerfi má flokka þannig:

1. Jarðhita í lóðréttri sprungu ásamt laug á yfirborði. Þarna falla í einn flokk langflest vinnslusvæði íslenskra hitaveitna. Traust hefð er fyrir rannsóknum á þeim.
2. Jarðhiti í lóðréttri sprungu án þess að laug eða greinileg brot sjáist á yfirborði. Heitt vatn sem hrærist í slíkum sprungum rennur þá t.d. út í sjó og vötn, eða út í grunnvatn. Þessi kerfi eru auðfundin með borun nokkurra, grunnra leitarholna sökum þess hve hitastigull er óreglulegur yfir þeim.
3. Jarðhiti í lóðréttum brotum sem eru auðþekkt á yfirborði. Hér nægir oft að bora eina leitarholu nærri brotinu. Reynist hiti hækka hratt í henni með dýpi, má bora djúpa holu í brotið þannig að það sé skorið þegar hiti er orðinn hár.
4. Jarðhiti í skjálftasprungu. Virkar sprungur í jarðskorpunni eru á sífellldri hreyfingu. Skjálftanet Veðurstofunnar mælir og staðsetur upptök slíkra hreyfinga. Þegar margra ára saga skjálftahreyfinga er þekkt má stundum sjá línur í gögnunum sem benda á brotin.
5. Jarðhiti í láréttu mislægi. Enn er aðeins þekkt eitt slíkt mislægi á suðurströndinni. Verulegur munur er í aldri jarðlaga ofan og neðan þess. Dýpri hlutinn er þéttur og ummyndaður hraunastafli, en efri hlutinn er blanda af seti og hraunum, lítið ummyndaður. Góð lekt virðist í mislæginu en dýpið niður á það og þar með hitinn eru víðast hvar óþekkt.
6. Jarðhiti í láréttum æðum í unga berginu á suðurströndinni. Þó svo að hver æðanna sé frekar slöpp, safnast þegar saman kemur. Algengt er að holurnar á þessum slóðum skili 1 l/s fyrir 20-100 m vatnsborðsbreytingu.

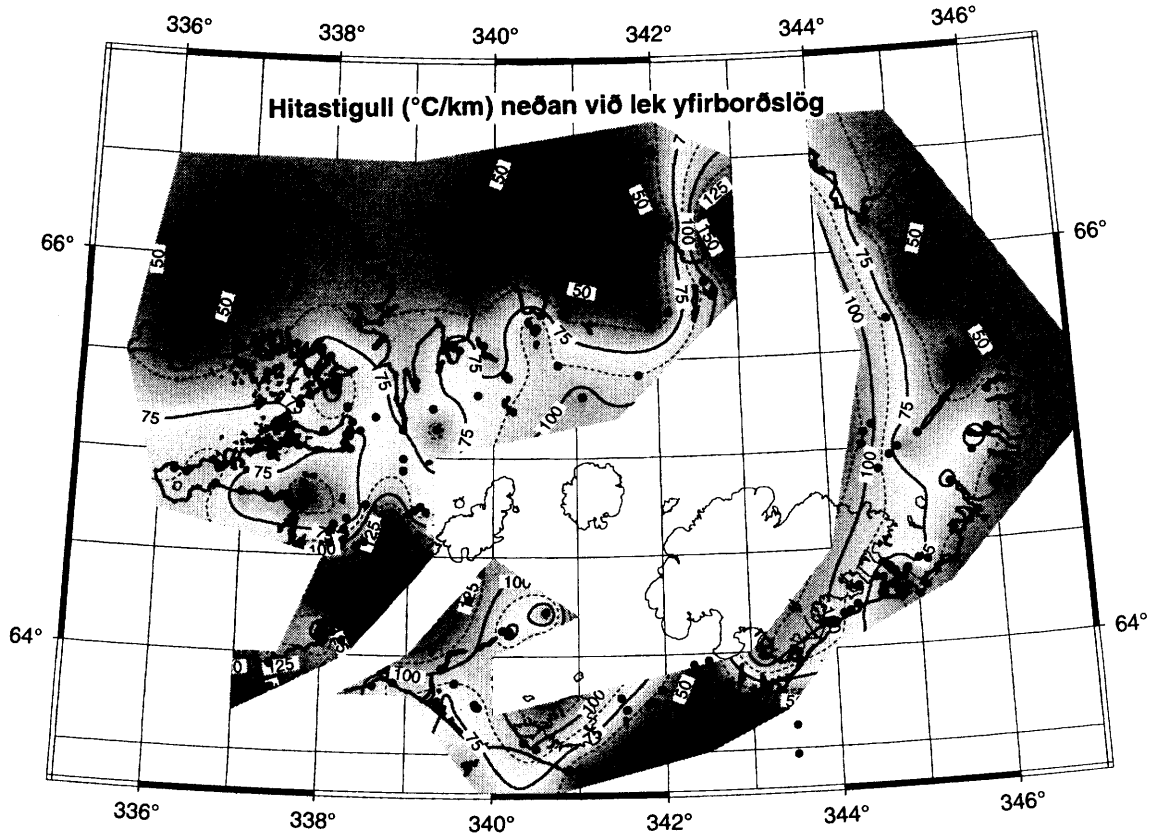
Í sérstakan flokk koma svo holur sem eru boraðar í heitt og þétt berg, en eiga þó möguleika á vatni úr grunnum æðum, 30-40 °C heitum. Síðar í erindinu verður sagt frá hvernig koma má slíkum holum til með því að breyta þeim í eins konar varmaskipti.

### 4. Hitastigulsboranir í svæði án lauga og afgerandi brota

Ein mikilvægasta mæliaðferðin í íslenskri jarðhitaleit er einfaldlega að mæla hve hratt hiti vex með dýpi í einstökum holum. Slíkt er kallað að ákvarða hitastigul. Holurnar sem eru boraðar í þeim tilgangi, eru oft kallaðar hitastigulsholur. Hitastigullinn er yfirleitt metinn í °C/km. Mynd 4 sýnir hvernig hitastigull er áætlaður á Íslandi út frá slíkum borunum. Hafa þá verið valdar úr holur sem ekki eru truflaðar af návist jarðhitakerfa.



Mynd 3: Hugmyndalíkön af helstu gerðum íslenskra lághitasvæða.



Mynd 4: Hitastígull ( $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ) á Íslandi.



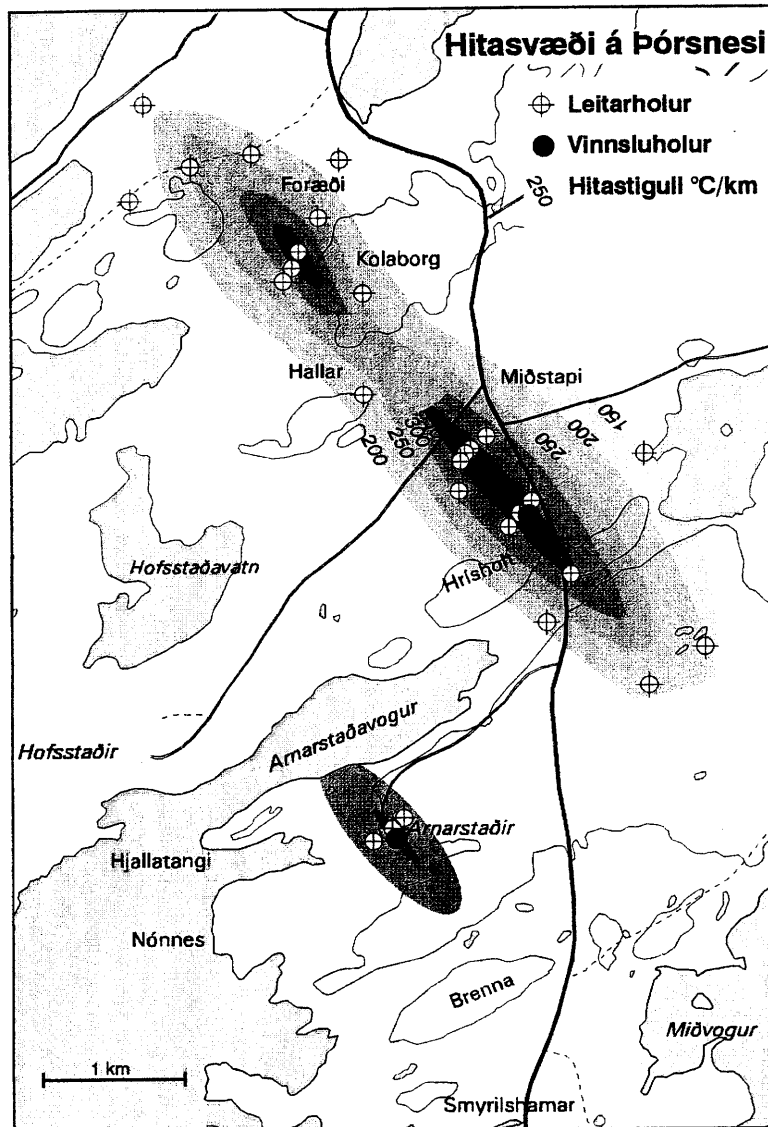
Á heildina litið hækkar hitastigullinn í áttina að gliðunarbeltum landsins þar sem skorp-an er yngst. Þar er stigullinn oft kringum 100 °C/km. Gjöfulustu jarðhitakerfin eru þar sem virkar sprungur skapa lekt í svo heitu bergi. Jarðskjálftabeltið á Suðurlandi er þar sláandi dæmi. Á hinn bóginn má benda á jarðskjálftakerfið fyrir norðan. Því fylgir út-breiddur jarðhiti í u.þ.b. 10 milljón ára gömlu bergi sem er einungis með 50-60 °C/km stigul.

Svæðisstigullinn á mynd 4 gegnir mikilvægu hlutverki þegar kemur að leit að jarðhita-kerfum þar sem engar laugar eru á yfirborði. Tafla 1 sýnir nokkur dæmi um svæðisstigul annars vegar og hins vegar hæsta hitastigul á nokkrum laugasnauðum stöðum. Eins er sýndur hiti vatnskerfanna sem fundust með djúpum vinnsluholum. Almennt gildir að hæsti stigull í leitarholu á ákveðnum stað þarf að vera a.m.k. tvöfalt hærri en svæðis-stigullinn. Ef svo er teljast yfirgnæfandi líkur á að menn séu komnir í návígi við nýtan-legt jarðhitakerfi. Leitarrannsóknir færast þá á það stig að staðsetja vinnsluholu.

**Tafla 1:** Svæðisstigull og hæsti stigull yfir nokkrum jarðhitakerfum án lauga.

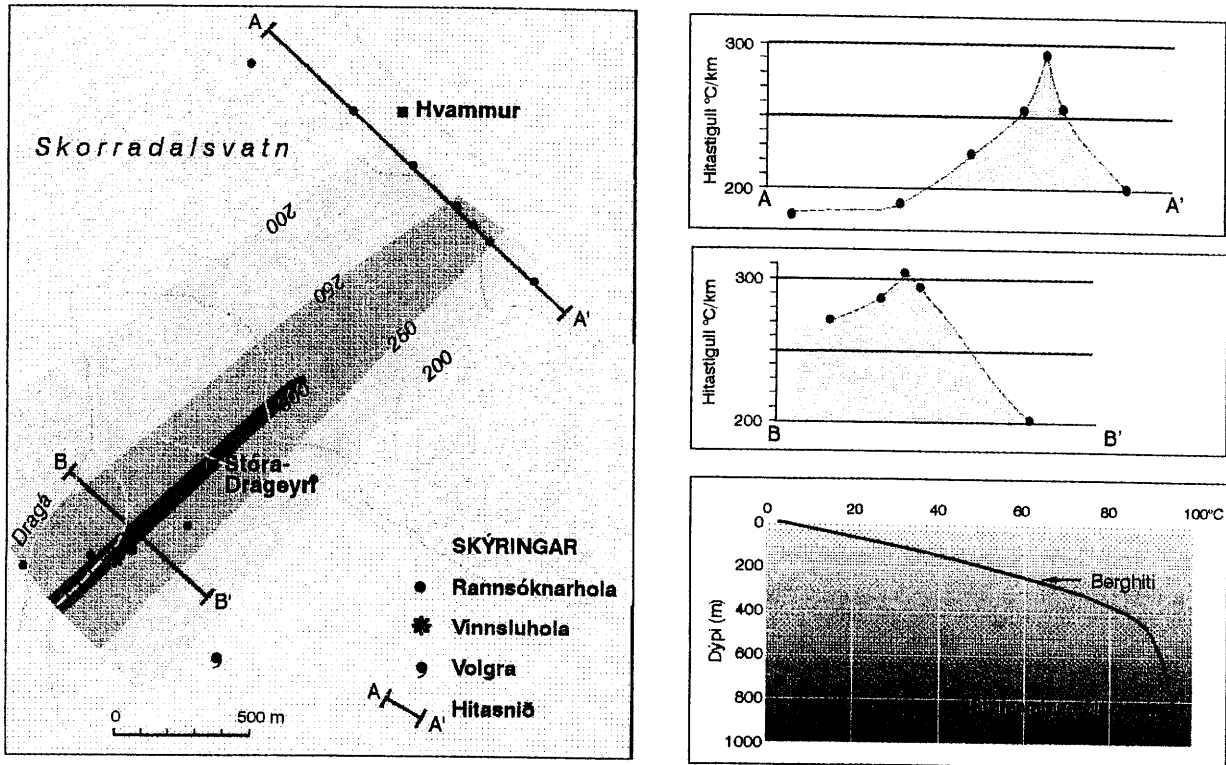
Staður	Svæðisstigull / hæsti hitastigull °C / km	Hiti í vatnskerfi °C / dýpl á vatnsæð
Miðsandur	100 / 290	140°C / 1400 m
Hrafnabjörg, Hvalfirði	100 / 370	82°C / 800 m
Stóra Drageyri	90 / 310	94°C / 800 m
Stykkishólmur	90 / 400	86°C / 800 m
Blifröst	80 / 190	63°C / 270 m
Svartagil, Norðurárdal	80 / 160	70°C / 700-750 m
Drangsnes	70 / 300	62°C / 130 m
Árskógsströnd	65 / 240	74°C / 430 m

Fjöldmörg dæmi eru um að borun grunnra hitastigulsholna leiði til heitavatsnfunda víða um land. Hér verða tekin tvö. Mynd 5 sýnir dæmi um jarðhitakortlagningu með hitastigulsholum á Þórsnesi (við Stykkishólm). Leitað var út frá fyrstu holunni með tveimur hol-um til SA og NV. Af þeim sást að hitafrávik var til staðar og að það hafði norðlæga stefnu. Alls urðu leitarholurnar 21 á þessu svæði áður en lega og lögun hitafráviksins lá fyrir og vinnsluhola var staðsett. Ekki létu Þórsnesingar þar við sitja, því bóndann á Arn-arstöðum fýsti að vita hvort ekki væri heitt hjá sér. Fékkst það staðfest með aðeins einni leitarholu. Var þá tveimur bætt við sem nægði til að staðsetja djúpa vinnsluholu. Þessar tvær vinnsluholur skiluðu báðar miklu af 87 °C vatni. Stefnir í að hitaveita verði lögð frá þeim í Stykkishólm sumarið 1998. Ljóst er að um tvö aðskilin jarðhitakerfi er að ræða á þessum stað. Er lengd þess eystra a.m.k. 2 km.



**Mynd 5:** Hitasvæðin tvö á Þórsnesi og staðsetning borholna.

Hitt dæmið um góðan árangur af hitastigulsborunum er ofan úr Skorradal. Þar var leitað beggja megin Skorradalsvatns. Kom í ljós jarðhitakerfi með NA-SV stefnu, þvert yfir vatnið (mynd 6). Vilji var til að bora vinnsluholu en ekki á tæru hvoru megin vatns skyldi bera niður. Afráðið var að bora að sunnanverðu, m.a. sökum víðáttumeira hitasvæðis þeim megin. Borun vinnsluholu gekk vel, mikið fékkst af ríflega 95 °C heitu vatni úr æð á rúmlega 800 m dýpi.

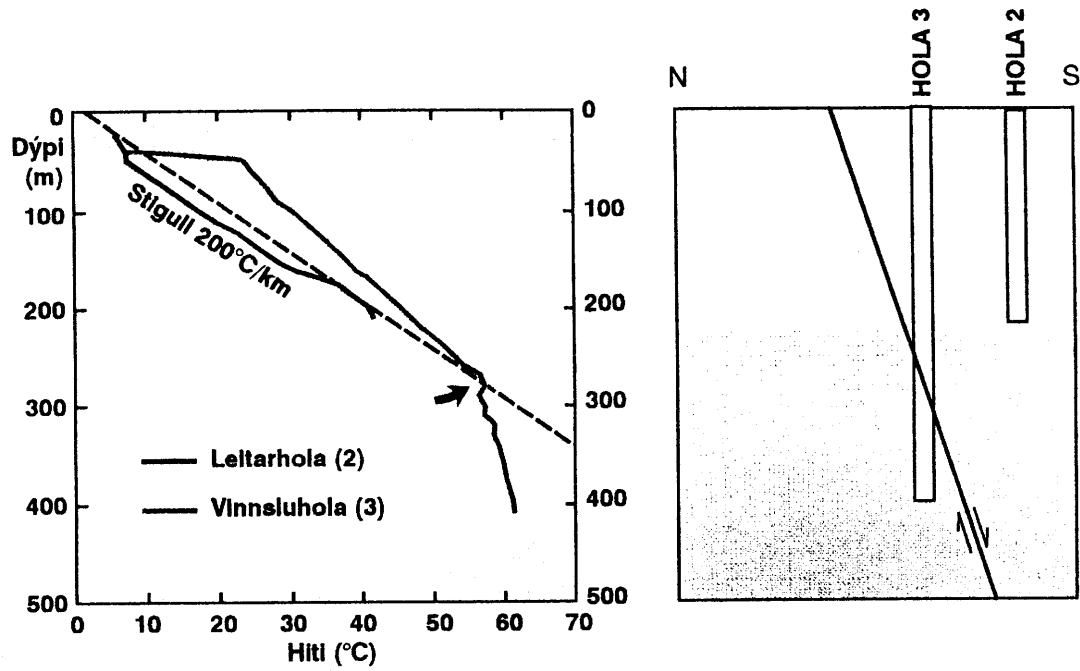


Mynd 6: Niðurstaða hitastigulsborana í Skorradal.

## 5. Boranir í þekkt brot með háum hitastigli

Leitarboranirnar í Skorradal og á Þórsnesi kröfðust kringum 20 holna á hvorum stað áður en vissan um staðsetningu vinnsluholu lá fyrir. Dæmi eru um að ein hitastigulshola nægi, að því gefnu að jarðfræðingar sjái brot á yfirborði með vel þekkta stefnu og halla.

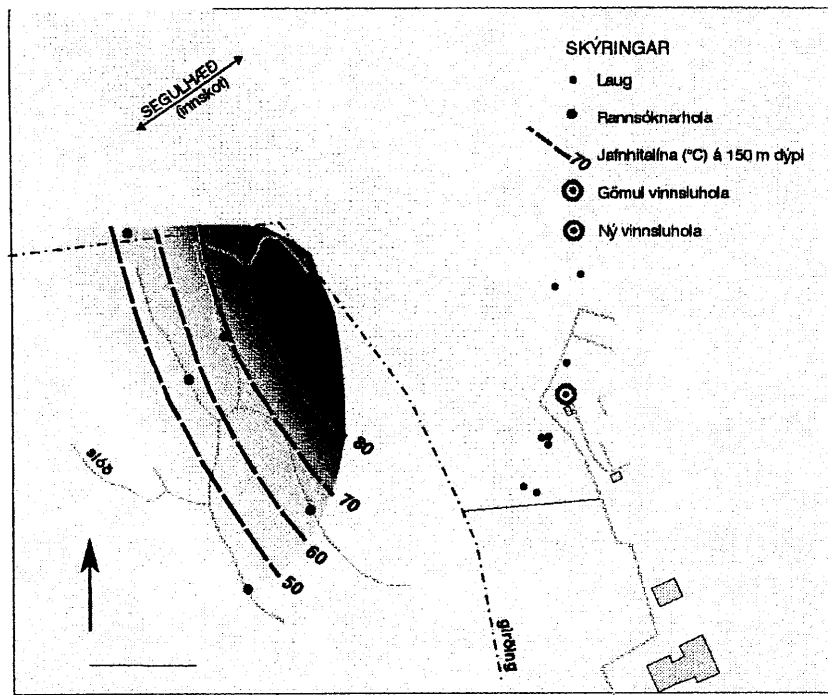
Mynd 7 sýnir dæmi um slíkt frá Bifröst í Norðurárdal. Mikið er af brotum á þessum slóðum, en aðeins kunnugt um eina volgru við Brekku. Áhugi var á jarðhitaborunum þarna en skorður fyrir útgjöldum vegna íbúafjölda. Því var afráðið að taka ákveðna áhættu með því að bora vinnsluholu í þekkt brot að undangengnum rafleiðnimælingum og borun 200 m djúprar hitastigulsholu. Jafn og góður stigull upp á 200 °C/km mældist í leitarholunni og reyndist hún ríflega 40 °C heit á 200 m dýpi. Enginn vafi þótti leika á að jarðhitakerfi væri í grenndinni og vinnsluhola því staðsett við meint brot, með það að markmiði að vatn kæmi í holuna áður en holan yrði 450 m djúp. Það gekk eftir, góð 60 °C æð kom á 380 m dýpi. Er nú búið að leggja hitaveitu frá holunni um miðbik Norðurárdals. Í kjölfarið var borað á Svartagili, gegnt Bifröst, með nákvæmlega sama undirbúningi. Gekk sú borun og eftir að náðist 12 °C heitara vatn en mun dýpra.



Mynd 7: Hiti í tveimur borholum við Bifröst og afstaða þeirra til þekkts brots.

## 6. Hitastigulsboranir inni á laugasvæðum

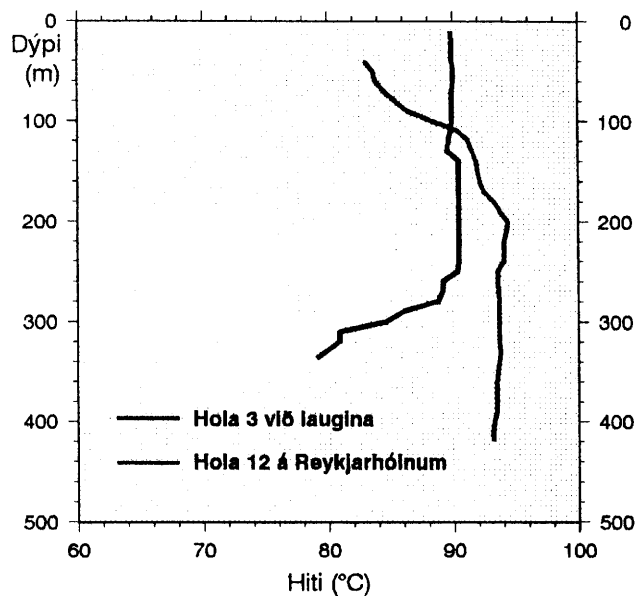
Góður árangur af hitastigulsborunum á „köldu svæðunum“ hefur nú orðið til þess að leitartækninni er nú einnig beitt á þegar virkjuðum jarðhitasvæðum þar sem laugar eru eða voru uppi. Nýleg rannsókn í Varmahlíð í Skagafirði er dæmi um slíkt. Þar hefur hitaveita verið í gangi um árabil sem nýtir vatn úr tveimur holum sunnan í Reykjarhólnum. Grunnar æðar voru í holunum en hiti lækkandi neðan við þær. Áhugi var á að stækka veituna og rannsókn því hafin á svæðinu með borun grunnra holna.



Mynd 8: Hiti á 150 m dýpi í Varmahlíð, Skagafirði.

Mynd 8 sýnir hitakort sem byggir á leitarholunum. Þær eru allar boraðar norðan í Reykjarhólnum. Ákveðinn og vaxandi stigull kom fram til suðurs. Skoðun hita á 150 m dýpi sýndi að grynnt var á jarðhita nánast undir háhólnum. Vinnsluhola var boruð þar sumaríð 1997 og gaf mikið af ríflega 90 °C vatni.

Mynd 9 sýnir hitamælingar gerðar í eldri vinnsluholu sunnan í Reykjarhólnum svo og í nýju holunni uppi á hólnum. Þar sést hvernig hiti lækkar neðan vatnsæða í gömlu holunni, en helst hins vegar tiltölulega stöðugur í nýju holunni. Það er órækt merki um að nýja holan er boruð nánast við uppstreymisrás svæðisins, meðan að eldri holan þiggur vatn sitt mörg hundruð metra veg lárétt frá uppstreymissvæðinu.



**Mynd 9:** Hiti í holum 3 og 12 í Varmahlíð, Skagafirði. Hola 3 er boruð í lárétt afrennsli jarðhitasvæðisins og skýrir það lækkandi hita neðan 300 m.

Önnur nýleg dæmi um hitastigulsboranir inni á laugasvæðum eru frá Reykjum við Reykjabraut og Hveravöllum í Reykjadal. Mjög góðar vinnsluholur komu í kjölfarið og lætur nærri að afköst svæðanna beggja hafi tvöfaldast með nýju holunum.

## 7. Fiskeldisboranir skerpa skilning á stórum brotakerfum

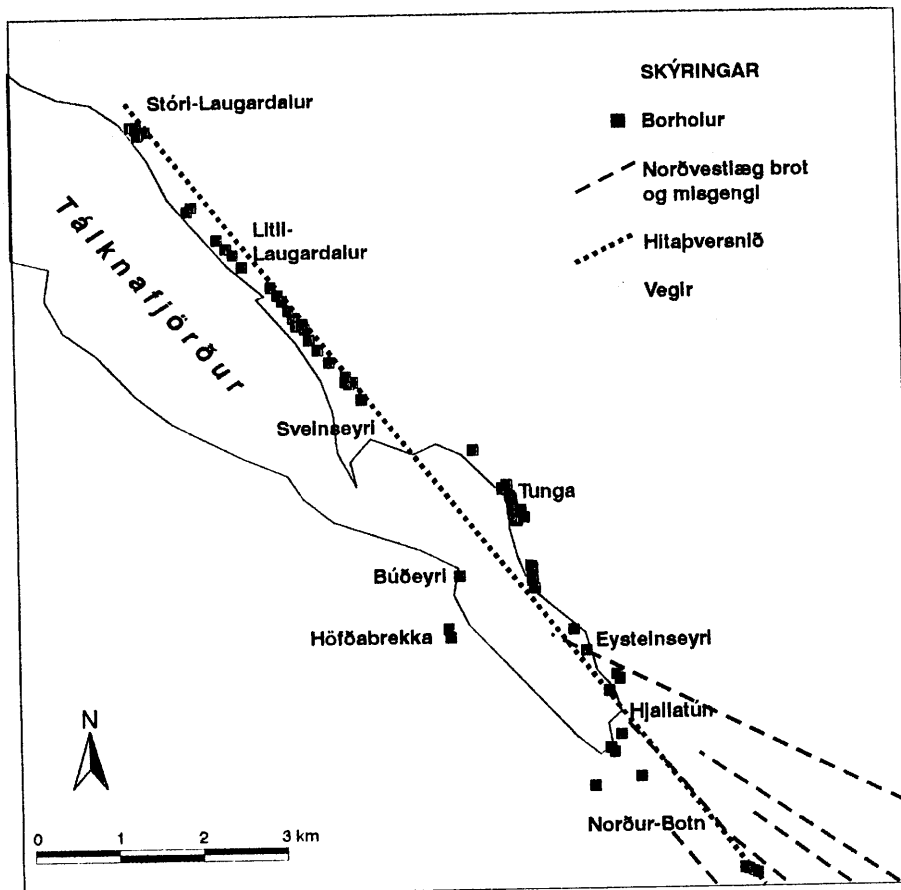
Sem áður var greint er flestöllum mælingum í íslenskum borholum safnað í gagnagrunn á Orkustofnun. Nýlega var skoðað sérstaklega hvernig hiti væri í sniði sem er dregið eftir endilöngum Tálknafirði. Inn á það falla 40 holur, meðaldýpi þeirra er um 200 m og sjálfrennsli nemur mörg hundruð sekúndulítrum af 5-10 °C heitu vatni. Mynd 9 sýnir staðsetningu holnanna ásamt helstu kennileitum. Eins er sýnd lega hitasniðs sem aftur er sýnt á mynd 11.

Þrátt fyrir að berg í Tálknafirði sé u.þ.b. 12 milljón ára, er ummyndun þess lítil. Það veld-

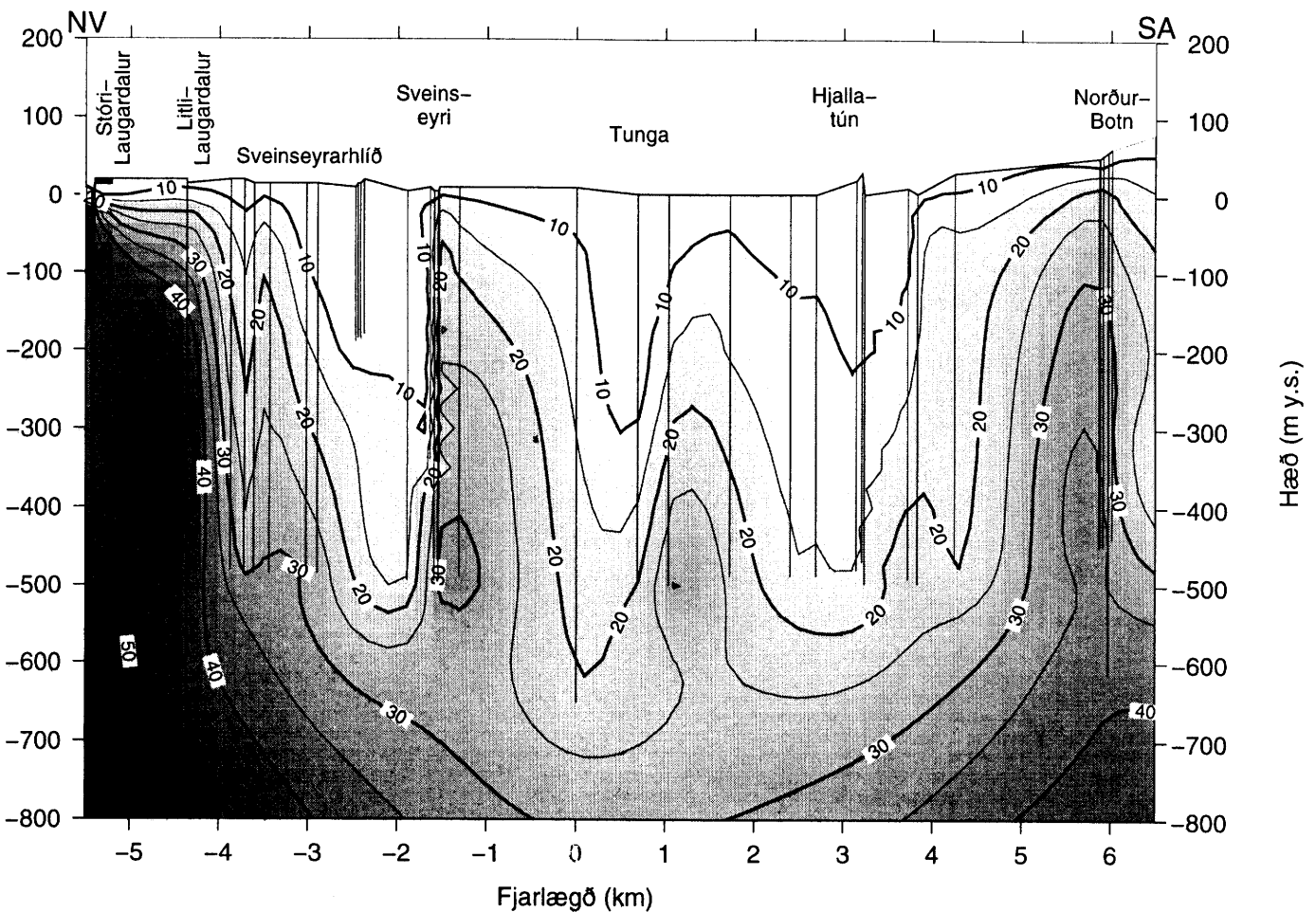
ur því að mikill vatnsforði liggur í berginu. Norðvestlægu brotin, sem liggja eftir firðinum, eru vel lek og ná því að safna til sín vatni úr endilöngu fjalllendu. Boranir í þetta sprungubelti ásamt miklum vatnsforða aðliggjandi jarðlaga gera það að verkum að sjálfrennsli úr holum er svo mikið og stöðugt sem raun ber vitni.

Athyglisvert er á mynd 11 að öfugt samband er á milli hita og vatnsgæfni holna. Þannig gefa köldustu holurnar mest vatn og öfugt. Þetta öfuga samband lektar og hita er trúlega nauðsynlegt til að jarðhitakerfi geti þrífist til langframa. Túlka má hitann í sniðinu á þann veg að lekt brotabeltisins sem það liggur eftir sé mest um miðbikið en síst til endanna. Sniðendarnir eru hins vegar mjög vænlegir til heitavatsvinnslu. Í þeim virðist koma upp 40-70 °C heitt vatn sem er ættað af 800-1500 m dýpi ef mið er tekið af 50 °C/km svæðisstigli. Verulegar líkur hljóta að teljast á nýtanlegu heitu vatni í sniðendunum, einkum í Stóra-Laugardal.

Þann lærdóm má draga af hitasniðinu á mynd 11 að menn eiga líka að hafa augun opin fyrir svæðum þar sem hitastigull er afbrigðilega lágur, ekki síður en þar sem hann er venju fremur hár. Það er ákveðin vísbending um lóðréttu sprungulekt og getur leitt til fundar heitra bletta skammt undan.



Mynd 10: Borholur, sprungur og helstu örnefni í Tálknafirði.

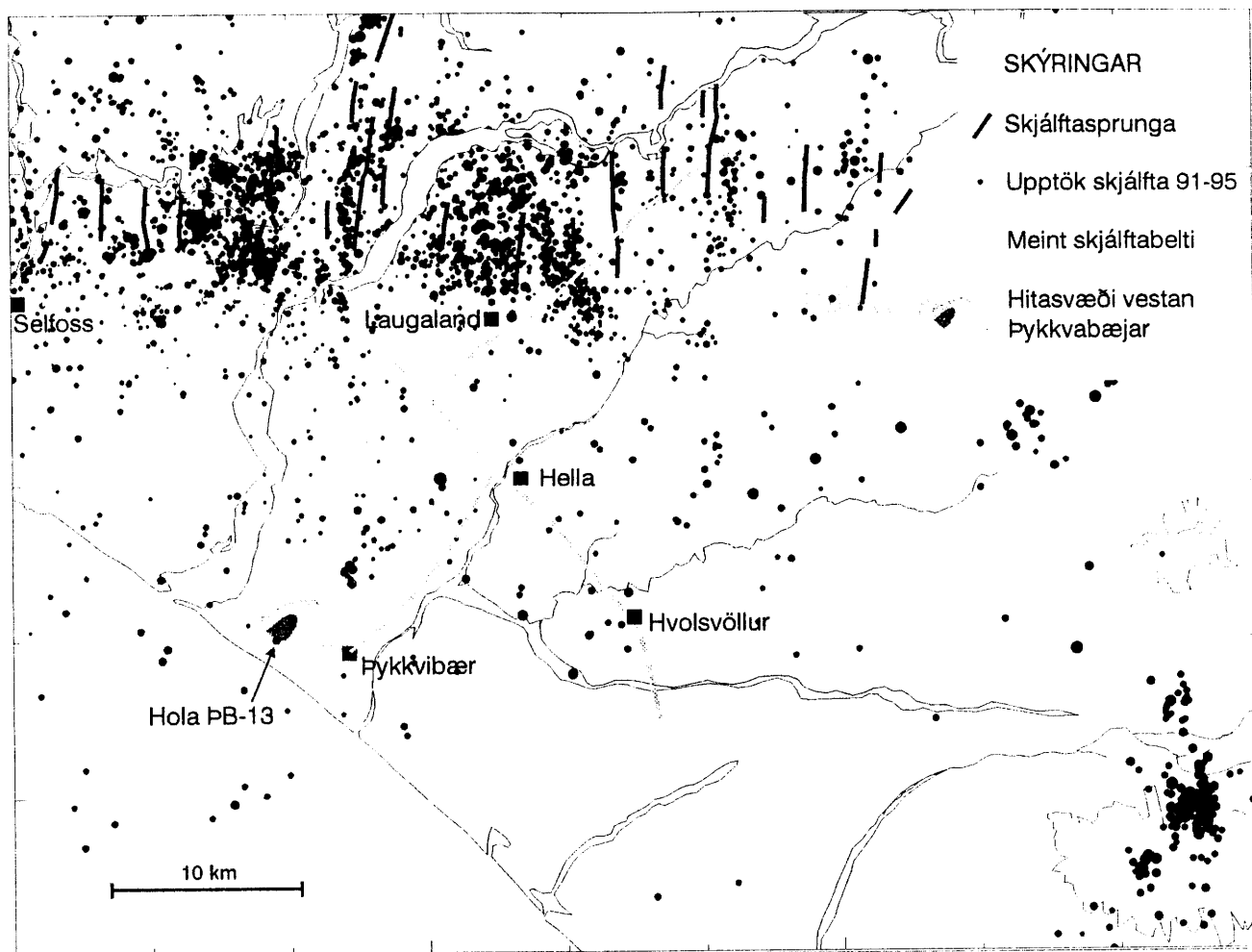


Mynd 11: Hitaversnið eftir norðurströnd Tálknafjarðar.

## 8. Jarðskjálftar vísa á jarðhitasprungu

Nýlega lauk umfangsmiklum rannsóknum og borunum eftir jarðhita í Þykkvabæ. Löngum hefur verið áhugi á heitavatsframkvæmdum í Djúpárhreppi, en hann dofnað jafnóðum þegar Orkustofnunarmenn hafa verið spurðir um líkurnar á árangri. Heldur lifnaði yfir málinu árið 1995 þegar með góðum vilja mátti greina veika, norðaustlæga línu í skjálftaupptökum skammt í vestur frá Þykkvabæ (mynd 12). Í framhaldinu voru boraðar 12 hitastigulsholur. Þær leiddu í ljós væga hæð í hitastigli nokkru vestan við byggðina í Þykkvabænum. Mældist hæsti stigull  $120\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$  í stað  $80\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$  inni í Þykkvabæ.

Hið veika hitasvæði sem þarna fannst leiddi síðan til borunar 1400 m djúprar holu sem fóðruð var í 470 m (hola ÞB-13). Tvær vatnsæðar komu í holuna. Fylgir sú efri mislægi sem er á 300 m dýpi í holunni. Skilaði hún kringum  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  heitu vatni. Seinni vatnsæðin kom svo á 1160 m dýpi,  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  heit. Mynd 13 sýnir hitamælingu úr holunni, áætlaðan berghita og æðarnar tvær.



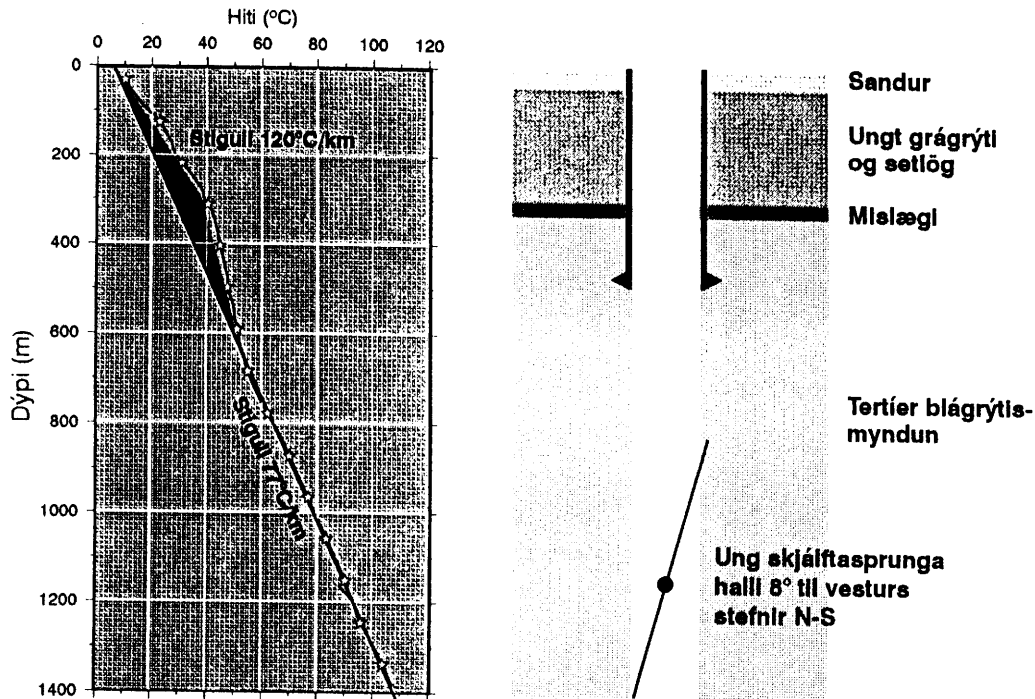
**Mynd 12:** Skjálftaupptök á Suðurlandi árin 1991-1995, brotalínur og hitastigull vestan við Pykkvabæ. Skjálftagögnin eru í SIL kerfi Veðurstofunnar.

Vinnslueiginleikar djúpu æðarinnar í holu ÞB-13 reyndust óheppilegir þegar til átti að taka. Niðurdráttur varð mikill í dælingu og eins virtist sem þökkun hefði breytt lekt í æðinni. Aftur var því farið með bor á holuna og hún örvuð til fyrra ástands. Samt sem áður er ljóst að verulegur niðurdráttur mun fylgja dælingu úr holunni, líklega verður hann í kringum 400 m í 4-5 l/s dælingu. Sú dæling skilar aftur á móti 800 kW í varma og er því talin vel ásættanleg.

Æðin á 1160 m var mönnum nokkur ráðgáta. Líklegast þótti að hana mætti tengja jarðskjálftasprungu. Svo heppilega vildi til síðla árs 1997 að þýskur mælingahópur skoðaði holuna með sérstakri gerð af myndavél sem hér er kölluð hringsjá (televíuer). Hún sýndi skýrt og greinilega að æðin var í sprungu sem lá milli norðurs og suðurs og hallaði 8° til vesturs. Telst þar með sannað að skjálftabeltið, sem sýnt er á mynd 12, er raunverulega til a.m.k. í námunda við holu ÞB-13.

Hitaferillinn í holu ÞB-13 fylgir línulegum stigli upp á 77 °C/km, sem telst venjulegur svæðisstigull. Frávik frá svæðisstiglinum er þó um mislægið á 300 m og myndar það eins konar kryppu á annars beinan stigulinn. Þetta ásamt skjálftasprungunni í 1160 m er túlkað





**Mynd 13:** Hiti og vatnsæðar í holu PB-13 í Þykkvabæ.

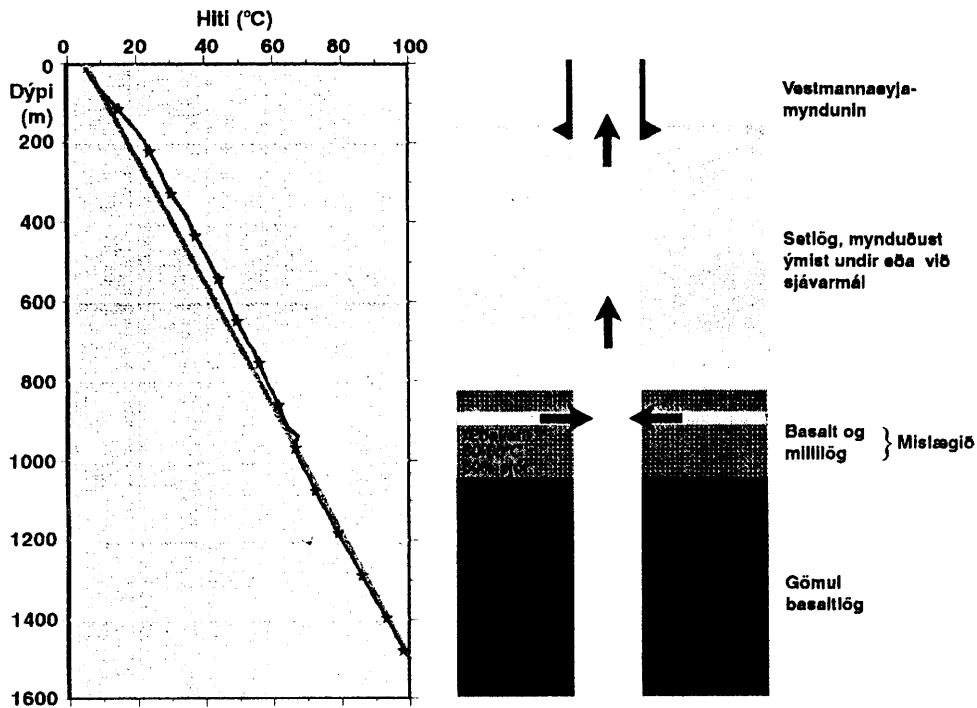
Þannig að hræring jarðhitavökva er rétt nýhafin á þessum slóðum. Trúlega þarf að fara nokkur hundruð metra út frá holunni til að finna góða, lóðréttu lekt. Á þeim stað er þá í gangi lóðrétt, heitt uppstreymi til mislægisins í 300 m. Þegar vatnið kemur í mislægið breiðir það hins vegar lárétt úr sér. Einungis veikt en útbreitt hitasvæði kemur því fram í leitarborunum.

## 9. Jarðhiti í mislægi undir Vestmannaeyjum og víðar

Árið 1964 var boruð 1600 m djúp hola skammt vestan við höfnina í Vestmannaeyjum. Henni var ætlað að kanna möguleikann á öflun fersks vatns úr eygni. Niðurstöður reyndust neikvæðar, vatnið var að hálfu sjór auk þess að vera járnmengað og tærandi. Nokkrar prófanir voru gerðar á holunni næstu árin. Síðan féll holan í gleysku nema Norræna Eldfjallastöðin setti í hana vatnsborðsmæli til að fylgjast með hugsanlegum umbrotum í Vestmannaeyjum.

Árangur af boruninni í Þykkvabæ varð hins vegar til að blása nýju lífi í vangaveltur um heitt vatn úti í Vestmannaeyjum. Svo vill nefnilega til að sama mislægið og er á 300 m dýpi í Þykkvabæ, finnst á tæplega 900 m dýpi í Vestmannaeyjum. Þetta er sýnt á mynd 14 ásamt hitamælingum úr holunni. Hiti þarna er rúmar 60 °C. Í prófunum árið 1970 mátti dæla úr mislæginu og efri æðum 2-3 l/s af 50 °C heitu vatni við tiltölulega stöðugt vatnsborð og 50-60 m niðurdrátt.

Hreinsun þessarar holu er framundan. Reynist niðurstöður góðar getur komið til þess að ný hola eða holur verði boraðar nærri Eldfellinu, í von um hærri hita í mislæginu þar. Gangi eftir með ætlaða gæfni mislægisins virðist sem Bæjarveiturnar í Vestmannaeyjum



**Mynd 14:** Hiti og vatnsæðar í gömlu, djúpu holunni í Vestmannaeyjum.

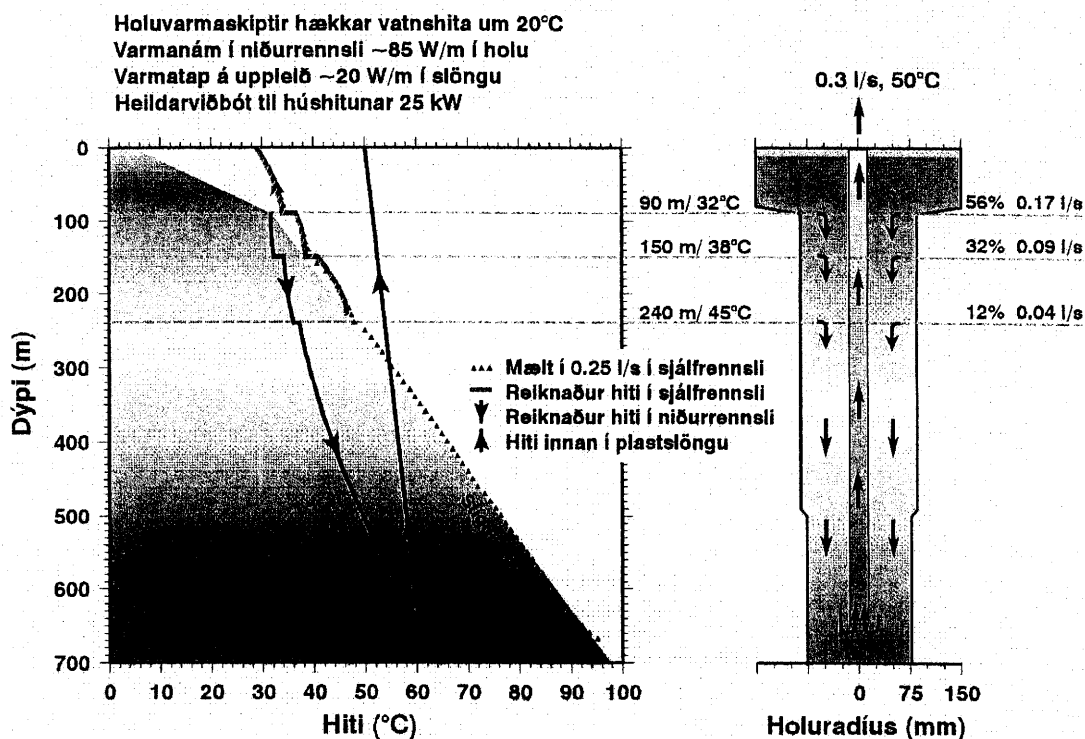
geti kynt dreifikerfi sitt að miklu eða öllu leyti með u.þ.b. 60 °C vatni úr mislæginu.

Tilvist mislægisins á Suðurströndinni opnar ýmsa aðra athyglisverða möguleika. Þannig er líklegt að það finnist á ríflega 600 m dýpi einhvers staðar í Vestur- og Austur-Landeyjahreppum. Þar er hiti þess um og yfir 50 °C, miðað við 70-80 °C/km stigul á þessum slóðum. Mislægið ætti einnig að finnast í austurjaðri eystra gosbeltisins en óvíst er um lekt þess og hita.

## 10. Holuvarmaskiptar

Um skeið hefur athyglisverð nýting átt sér stað á rúmlega 600 m djúpri holu, sem var boruð á Hömrum í Grímsnesi. Holan skilaði einungis 30 °C heitu vatni í hefðbundinni dælingu. Dugar það að vonum illa til húshitunar. Datt heimamönnum þá í hug að festa eins konar skott neðan í dæluna sem er í holunni. Mynd 15 sýnir þetta. Með tilkomu skottsins er 32-45 °C heitt vatn úr þremur æðum ofarlega í holunni þvingað til að fara fyrst niður í holubotninn áður en það rennur á ný upp á við, til dællunnar. Með þessu móti tókst að snúa því sem virtist tapað tafl yfir í það að holan gaf samfellt 0,3 l/s af 50 °C heitu vatni í 6 ár. Það hefur dugað til allra nota heima á bænum, enda um 25 kW í varma að ræða, miðað við kælingu í 30 °C.

Greinarhöfundar gerðu sérstaka athugun á þeim varmastraumum sem eiga sér stað í Hamraholunni. Til hennar var notað forrit sem hermír láréttan varmastraum að og frá borholu. Byrjað var á að herma hitaferil sem var mældur í 0,25 l/s sjálfrennsli. Fékkst þá hvaða hlutfall heildarrenslisins kom úr hverri æð. Að því búnu var rennslisstefnum snúið við, vatnið látið renna niður síhitnandi holuna og metinn hitinn á því við slönguendann



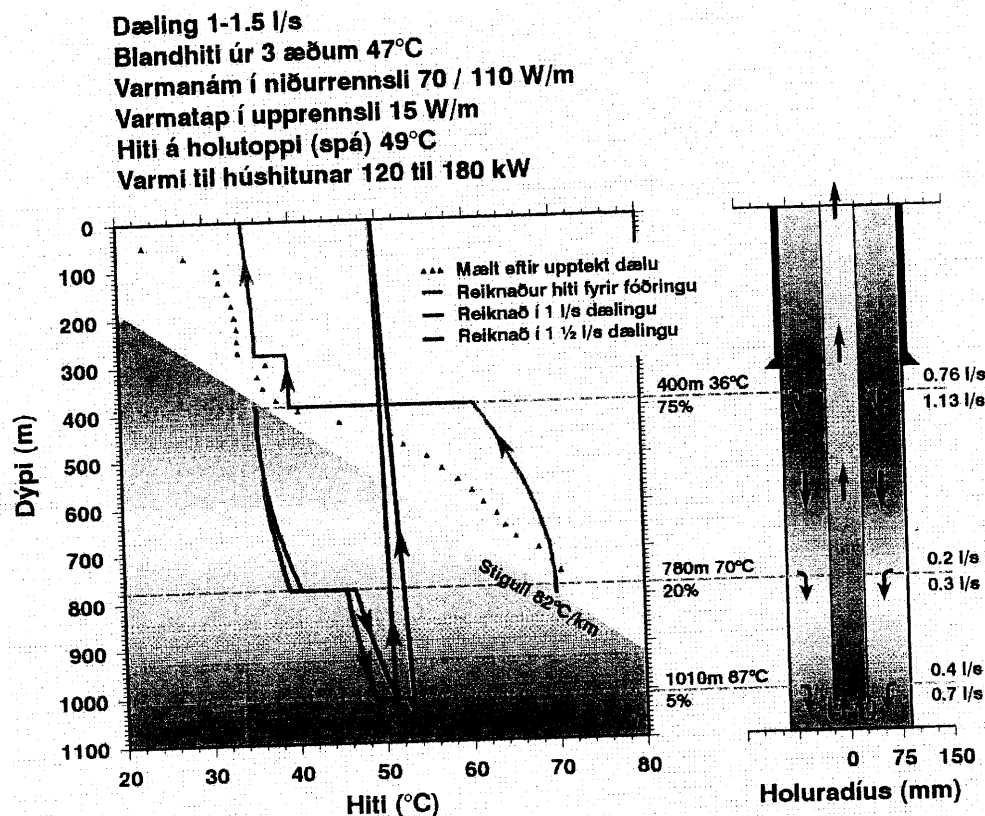
Mynd 15: Mældir og reiknaðir hitaferlar í holuvarmaskipti á Hömrum í Grímsnesi.

á rúmlega 600 m dýpi. Reiknast þar 60 °C hiti. Síðan tapast óhjákvæmilega varmi við að vatnið rennur til yfirborðs á nýjan leik og kemur þangað 50 °C heitt. Meðalvarmatapið reiknast þá 20 W á hvern metra slöngunnar. Það fellur vel að reynslutölum fyrir hitapolið plast eins og þarna er um að ræða.

Þetta framtak Hamrabænda er vert íhugunar. Ljóst er að töluverð varmaskipti geta átt sér stað milli borholu og bergs, einkum og sér í lagi í niðurrennslu. Með því að þvinga volgt vatn úr grunnum æðum til að fara niður í holubotn áður en því er dælt upp, vinnst að mörg hundruð metrum af ónotaðri holu er komið í verð. Auk þess sleppa menn við skellinn af því að bora ónýta holu. Þess má til gamans geta að meðalvarmanámið í niðurrennslinu, á lengdarmetra holu, slagar hátt í hitann sem stafar t.d. af jólaseríum sem eru með 25 kerta peru á 30 cm fresti. Getur hver maður séð að töluverður hiti verður af slíku ljósi, einkum ef serían er orðin mörg hundruð metra löng.

Nýlega lauk dýpkun og viðbótarfóðrun holu 2 í Skarðshlíð undir Eyjafjöllum. Þar er við ramman reip að draga í hefðbundinni holunýtingu, þ.e. með djúpdælu og vatnsrennsli einungis upp á við. Því var gerð spá um hita holunnar við mismikla dælingu og aukna veggþykkt í slöngunni niður úr dælunni. Niðurstöður eru sýndar á mynd 16. Líkt og í tilfalli Hamraholunnar er hitamæling, sem er gerð skömmu eftir uppteikt dælu, notuð til að meta hlutfall fjögurra æða í heildarrennslinu. Að því búnu er vatn úr neðri þremur æðunum látið renna niður í holubotninn og þaðan upp um slöngu, 63 mm að utanmáli en til helminga með 6 og 10 mm veggþykkt. Með því móti er varmatapið úr slöngunni talið

verða að meðaltali 15 W/m. Niðurstaðan er að óhætt sé að dæla hvort sem er 1 eða 1,5 l/s úr holunni, í báðum tilfellum verður hitinn á toppi rétt tæpar 50 °C. Varmaorkan, miðað við nýtingu að 30 °C er þá 80 til 130 kW.



**Mynd 16:** Mældir og reiknaðir hitaferlar í holuvarmaskipti í Skarðshlíð undir Eyjafjöllum.

Athyglisvert er í spánum á mynd 16 að blandhiti æðanna þriggja í holunni er 47 °C meðan hitinn á toppi verður rétt um 49 °C. Fer því allur varminn sem vinnst í niðurrennslinu til að vega upp á móti varmatapinu á uppleiðinni. Það er samt prýðilegur árangur því ekki er talið að holan geti skilað meir en tæplega 40 °C heitu vatni í hefðbundinni dælingu, miðað við 1-1,5 l/s rennsli.

## 11. Framtíð jarðhitaleitar á köldum svæðum

Erindishöfundar eru nokkuð sannfærðir um það að jarðhitaleit á „köldum svæðum“ er síð-ur en svo komin á einhverja endastöð. Framfarir í leitar-, bor- og vinnslutækni gerir staði, þar sem mögulegt er að reka hitaveitur, sífellt fleiri. Miklar líkur eru á að með tíð og tíma geti 90-95 % landsmanna notið hitaveitna, borið saman við rúm 85 % nú. Nokkr-ir samverkandi þættir þurfa þó að koma þar til eins og:

1. Að jarðhiti finnist nærri Ísafirði, Höfn í Hornafirði og í Vestmannaeyjum. Þarna eru stærstu byggðarlögin án jarðhita. Tvöfalt dreifikerfi hitaveitu er hins vegar til staðar í öllum bæjarfélögunum. Um fjölmarga minni staði er eins ástatt.
2. Að góð lausn finnist á varmatapinu sem vatn verður fyrir á langri leið upp holur þar sem hitastigull er lágur en rennsli lítið.
3. Að ákveðið verðöryggi myndist við borun um og yfir 1000 m djúpra holna, en það er nauðsynlegt við gerð áætlana um stofnkostnað vinnslusvæða.
4. Að almennur vilji sé fyrir jarðhitaleit á köldu svæðunum.
5. Að leitartæknin verði í stöðugri framför.

Höfundar telja að séu ofangreindir þættir til staðar muni frétttaflutningur af heitavats- fundum á köldum svæðum halda áfram enn um sinn.