



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Jakob Björnsson, Orkustofnun
Agnar Olsen, Landsvirkjun
Hallgrímur Jónasson, Iðntæknistofnun
Guðmundur Gunnarsson, Iðntæknistofnun
Jónas Matthíasson, Fiskeldi Grindavíkur hf.
Jóhannes Zoëga, Hitaveitu Reykjavíkur
Valgarður Stefánsson, Orkustofnun
Albert Albertsson, Hitaveitu Suðurnesja
Trausti Hauksson, Orkustofnun
Einar T. Elíasson, Rafmagnsveitum ríkisins
Ásgrímur Guðmundsson, Orkustofnun

Ritstjóri: Gunnar V. Johnsen

RANNSÓKNIR OG HAGNÝTING Á HÁHITA

Ráðstefna haldin að Borgartúni 6, 28. febrúar 1985

OS-85052/JHD-08

Reykjavík, júní 1985

**Jakob Björnsson, Orkustofnun
Agnar Olsen, Landsvirkjun
Hallgrímur Jónasson, Iðntæknistofnun
Guðmundur Gunnarsson, Iðntæknistofnun
Jónas Matthíasson, Fiskeldi Grindavíkur hf.
Jóhannes Zoëga, Hitaveitu Reykjavíkur
Valgarður Stefánsson, Orkustofnun
Albert Albertsson, Hitaveitu Suðurnesja
Trausti Hauksson, Orkustofnun
Einar T. Elíasson, Rafmagnsveitum ríkisins
Ásgrímur Guðmundsson, Orkustofnun**

Ritstjóri: Gunnar V. Johnsen

RANNSÓKNIR OG HAGNÝTING Á HÁHITA

Ráðstefna haldin að Borgartúni 6, 28. febrúar 1985

OS-85052/JHD-08

Reykjavík, júní 1985

FORMÁLI

Á undanförnum áratug hefur áhugi manna mjög beinst að rannsóknum og hagnýtingu á háhitasvæðum landsins. Má þar nefna rannsóknir á Reykjanesi vegna vinnslu salts og annarra efna, rannsóknir í Svartsengi og Eldvörpum vegna nýtingar Hitaveitu Suðurnesja, mjög umfangsmiklar og stundum brautryðjandi rannsóknir við Kröflu vegna raforkuframleiðslu þar. Auk þessa hefur fengist sérstök fjárveiting til könnunar á háhita í Öxarfirði og við Trölladyngju. Þá má nefna að Hitaveita Reykjavíkur hefur endurvakið rannsóknir á Hengilssvæðinu eftir nokkurra ára hlé.

Alþingi samþykkti allíttarlega þingsályktunartillögu um skipulag rannsókna á háhitasvæðum landsins 19. maí 1981 og í samræmi við hana var Orkustofnun falið að gera áætlun um slíkar rannsóknir. Bæði ályktunin og áætlunin þykja að ýmsu leyti gallaðar. Einkum er það haft gegn þeim að þær séu án tengsla við þann raunveruleika sem þegar er fyrir hendi í nýtingu háhitasvæða á Íslandi.

Að tilhlutan iðnaðarráðuneytisins var í febrúar 1985 boðað til fundar um "Rannsóknir og hagnýtingu á háhita." Tilgangurinn með honum var að gera kleift, að einstakar stofnanir og fyrirtæki gætu borið saman bækur sínar um stöðu þessara mála og samræmt kräfte sína. Orkustofnun var falið að sjá um fundinn. Á honum fluttu 11 sérfræðingar, innan Orkustofnunar og utan, fróðleg erindi um efnið sem til umræðu var. Þessi erindi eru birt hér, yfirleitt í nokkuð styttri útgáfu, en í þeirri röð sem þau voru flutt á fundinum. Erindin hafa verið yfirfarin af ritstjóra og útgáfustjóra Orkustofnunar til að gera þau betur fallin til formlegrar útgáfu.

Gunnar V. Johnsen

EFNISYFIRLIT

	bls.
FORMÁLI	3
EFNISYFIRLIT	4
ÁVARP OG FUNDARSETNING	5
DAGSKRÁ: RANNSÓKNIR OG HAGNÝTING Á HÁHITA	6
ENDURSKOÐUN Á ÁÆTLUN ORKUSTOFNUNAR UM RANNSÓKN HÁHITASVÆÐA MEÐ TILLITI TIL MARKAÐAR FYRIR HÁHITAORKU	7
JARÐGUFUVIRKJANIR Í RAFORKUKERFI LANDSVIRKJUNAR	10
NÝTING JARÐGUFU TIL IÐNAÐAR	14
NÝTING HÁHITA TIL FISKELDIS	17
NESJAVALLAVIRKJUN	20
VIRKJANIR Í SVARTSENGI OG ELDVÖRPUM	23
JARÐHITARANNSÓKNIR Í SVARTSENGI OG ELDVÖRPUM	25
RANNSÓKN OG HAGNÝTING HÁHITA VIÐ KRÖFLUVIRKJUN	27
UMRÆÐUR EFTIR HÁHITAFUND	32

ÁVARP OG FUNDARSETNING

Sverrir Hermannsson iðnaðarráðherra setti fundinn. Hann rakti aðdraganda að gerð háhitaáætlunarinnar, sem Alþingi samþykkti 19. maí 1981 og fyrr er getið. Þar segir m.a. að Alþingi ályktar að fela ríkisstjórninni að gera heildaráætlun um og framkvæma rannsóknir á háhitasvæðum, þannig að virkjunarstaðir á tveim háhitasvæðum verði á verkhönnunarstigi að 5 árum liðnum og fimm háhitasvæðum að 10 árum.

Ráðherra kvaðst finna mjög til þess, að á þeim árum sem hann hefði haft hönd í bagga með ráðstöfun fjár á fjárlögum, þá hefði ekkert unnist á við öflun á rannsóknarfé til þessara nauðsynlegu þarfa. Væru þó allir á einu máli um mikilvægi þess að sprett yrði úr spori og lagst á togin saman um að hrinda fram rannsóknum og athugunum á nýtingu þessarar okkar miklu orku. Orðrétt sagði ráðherra: "Ástæðan fyrir því að þið eruð boðuð saman er þessi, að menn beri saman bækur sínar um stöðu málanna, stöðu mála hjá einstökum stofnunum og fyrirtækjum, og hvernig við getum samræmt kraftana; vegna þess að ég get ekki við það unað að við náum ekki drýgri árangri enn sem komið er og þá á ég blátt áfram við þá framkvæmd sem við höfum fyrirmæli um frá löggjafarsamkundunni. Þess vegna er það að þessi ráðstefna er mikilvægur undirbúningur undir nýja sókn á hendur fjárveitingavaldinu, til þess að við náum "vopnum okkar" í þessu mikilsverða máli."

Ráðherra fól Guðmundi Pálmasyni, forstöðumanni Jarðhitadeildar Orkustofnunar, að stjórna fundinum og fór sjálfur á ríkisstjórnarfund.

Guðmundur Pálmason tók við fundi og bað menn bíða sem mest með umræðu og fyrirspurnir þar til eftir hádegisverð, þar sem dagskráin væri mjög samanþjöppuð.

DAGSKRÁ: RANNSÓKNIR OG HAGNÝTING HÁHITA

- 9³⁰ - 9⁴⁰ FUNDARSETNING
Sverrir Hermannsson, iðnaðarráðherra
- 9⁴⁰ - 10⁰⁰ ENDURSKOÐUN Á ÁÆTLUN ORKUSTOFNUNAR UM RANNSÓKN
HÁHITASVÆÐA MEÐ TILLITI TIL MARKAÐAR FYRIR HÁHITAORKU
Jakob Björnsson, orkumálastjóri
- 10⁰⁰ - 10²⁰ JARÐGUFUVIRKJANIR Í RAFORKUKERFI LANDSVIRKJUNAR
Agnar Olsen, aðst.forstj. Verkfr.deild Landsvirkjunar
- 10²⁰ - 10⁵⁰ NÝTING JARÐGUFU TIL IÐNAÐAR
Hallgrímur Jónasson, deildarverkfr. Iðntæknistofnun
Guðmundur Gunnarsson, deildarverkfr. Iðntæknistofnun
- 10⁵⁰ - 11⁰⁵ NÝTING HÁHITA TIL FISKELDIS
Jónas Matthíasson, framkv.stj., Fiskeldi Grindavíkur hf
- 11⁰⁵ - 11³⁵ NESJAVALLAVIRKJUN:
- VIRKJUNARÁFORM HITAVEITU REYKJAVÍKUR Á NESJAVÖLLUM
Jóhannes Zoega, hitaveitustjóri, Hitaveitu Reykjavíkur
- JARÐHITARANNSÓKNIR Á NESJAVÖLLUM
Valgarður Stefánsson, deildarstjóri, Orkustofnun
- 11³⁵ - 12⁰⁵ VIRKJANIR Í SVARTSENGI OG Í ELDVÖRPUM:
- VIRKJUNARÁFORM HITAVEITU SUÐURNESJA
Albert Albertsson, yfirverkfr. Hitaveitu Suðurnesja
- JARÐHITARANNSÓKNIR Í SVARTSENGI-ELDVÖRPUM
Trausti Hauksson, verkfr. Orkustofnun
- 12⁰⁵ - 12³⁵ KRÖFLUVIRKJUN, RANNSÓKN OG HAGNÝTING:
- FRAMTÍÐ KRÖFLUVIRKJUNAR
Einar T. Elíasson, yfirverkfr., rafm.v. ríkisins
- JARÐHITARANNSÓKNIR VIÐ KRÖFLU Í FRAMTÍÐINNI
Ásgrímur Guðmundsson, jarðfr., Orkustofnun
- 12³⁵ - 13³⁵ HÁDEGISVERÐUR Í BODI IÐNAÐARRÁÐHERRA
13³⁵ - 14⁵⁰ UMRÆÐUR OG FYRIRSPURNIR
14⁵⁰ - 15⁰⁰ FUNDARSLIT Páll Flygenring, ráðuneytisstjóri

FUNDARSTJÓRI: Guðmundur Pálmason, forstjóri JHD Orkustofnun

FUNDARRITARI: Gunnar V. Johnsen, verkfr., Orkustofnun

ENDURSKOÐUN Á ÁÆTLUN ORKUSTOFNUNAR UM RANNSÓKN HÁHITA MEÐ TILLITI TIL MARKAÐAR FYRIR HÁHITAORKU

Jakob Björnsson

Jakob Björnsson orkumálastjóri þakkaði ráðherra það frumkvæði að boða til þessa fundar og kvað það þarft. Hann sagði það rétt hjá ráðherra að lítið hefði gerst í kringum þá rannsóknaráætlun á háhitasvæðum sem gerð var samkvæmt ályktun Alþingis frá 19. maí 1981. Þessi áætlun var unnin á Orkustofnun og skilað til Iðnaðarráðuneytisins í október 1982. Jakob fullyrti að áætlunin hefði verið vel og vandlega unnin miðað við þær forsendur sem að Alþingi lagði fyrir í þingsályktunartillögum. En eins og ráðherra gat um þá hefði síðan ekkert gerst. Jakob kvað það nú ekki dæmalaust. Það væru samþykktar ályktanir á Alþingi um eitthvað og síðan ekki söguna meir. Að mati Jakobs var sá galli á ályktun Alþingis 1981, að hún hefði verið nánast án tengsla við þann raunveruleika sem þegar var fyrir hendi í nýtingu háhitasvæða á Íslandi. Sum háhitasvæði hefðu þegar verið í notkun. Í annan stað væri ekkert um það fjallað í ályktuninni að hverju menn vilji stefna í nýtingu þeirrar orku sem þau svæði hafa að geyma sem rannsaka skal. "Eg tel að þetta sé mikill galli," sagði Jakob, "og er þeirrar skoðunar að rannsókn á háhitasvæði eins og reyndar hvaða orkulind sem er verði að vera samstíga könnun og rannsókn á hugmyndum um nýtingu orkunnar; þetta verði að fylgjast að í meira eða minna mæli. Þetta gerist varðandi rannsókn vatnsorkunnar, sem tekur mið af raforkuspám, og þó að ekki sé um algera hliðstæðu að ræða varðandi háhitann er einnig þar nauðsynlegt að rannsóknaráætlunin taki mið af hugmyndum og áformum um væntanlega nýtingu á næstu árum. Á þetta var ekki minnst í þingsályktun Alþingis."

Orðrétt sagði Jakob: "Háhitaáætlun Orkustofnunar er nú að verða 3ja ára og því þörf á endurskoðun. Þar er nauðsynlegt að taka mið af einhverjum tölum um hugsanlega nýtingu háhita á einstökum háhitasvæðum. Sumpart liggja þessar tölur um nýtingu nú þegar fyrir, t.d. varðandi Nesjavelli, þar sem Hitaveita Reykjavíkur hefur mjög ákveðin áform um nýtingu. Einnig hjá Hitaveitu Suðurnesja og við Kröflu, en óljósari eru áformin á Reykjanesi. Svo eru svæði eins og Krísuvík og Trölladyngja, þar sem engar ákveðnar nýtingarhugmyndir hafa komið fram.

Við gerum ráð fyrir að endurskoðaða háhitaáætlunin taki mið af tölum um hugsanlega nýtingu háhita á þessum svæðum sem sumpart verða ákveðnar af virkjunaraðilum, en sumpart verða væntanlega byggðar á sameiginlegu mati Orkustofnunar, virkjunaraðila og nýtingaraðila. Að

auki er þess að vænta að sjálf rannsóknaráætlunin verði að talsverðu leyti unnin af þessum aðilum með því að ráðgerðar rannsóknir þeirra vegna nýtingaráforma verði felldar inn í hana. Gert ráð fyrir því að tímabil þessarar endurskoðuðu áætlunar verði 1986 til 1990. Æskilegt er að skilgreina á annan hátt en var í ályktun Alþingis markmið þessarar áætlunar. Markmiðið gæti t.d. verið að svara í síðasta lagi í lok áætlunartímans eftirfarandi spurningu, svæði fyrir svæði.

Getur svæðið staðið undir þeirri háhitavinnslu sem lögð er til grundvallar áætluninni í nokkra áratugi, eða svo lengi að tími gefist til að afskrifa vinnslu og nýtingarvirki?

Þau svæði sem gert er ráð fyrir að spáin nái til eru þau sömu og fyrri áætlunin getur um. Þessi svæði eru talin í meðfylgjandi töflu. Þar er tilgreind núverandi nýting, en einnig sú nýting sem ætlast er til að svör fáist um einhverntíma á áætlunartímanum.

Hér eru ekki talin með afskekkt svæði inni á hálendinu eins og Torfajökull eða Kerlingarfjöll. Gert er ráð fyrir að rannsókn á þeim bíði að mestu þar til eftir 1990."

SVÆÐI	Núverandi nýting háhita		Nýting lögð til grundvallar Háhitaáætlun	
	Hrávarma vinnsla PJ/a	Mesta rennsli kg/s	Hrávarma vinnsla PJ/a	Mesta rennsli kg/s
Reykjanes	0,04 ¹⁾	10 ¹⁾	20,0	560
Svartsengi-Eldvörp	5,3	260	14,0	645
Krísuvík-Trölladyngja	0	0	20,0	615
Nesjavellir/Vestur-Hengill	0	0	23,0	900
Hveragerði	0	0	1,0	25
Námafjall	0,8	16	0,8	15
Krafla	6,5	220	13,0	440
Þeistareykir	0	0	0 ²⁾	0 ²⁾
Öxarfjörður	0	0	0	0

1) Fiskimjölsverksmiðja "Stranda" eingöngu.

2) Nema eftir sérstakri pöntun og þá sem söluverk, eða fyrir fjárveitingu skv. sérstakri ákvörðun stjórnvalda.

Jakob kvað eldri háhitaáætlunina mjög góðan grunn til að byggja á en það þyrftu að koma til viðbætur og breytingar í samræmi við það sem hér hefði verið rakið. Þar mundi Orkustofnun mjög þurfa á samstarfi við aðra aðila að halda. Í fyrsta lagi virkjunarðila og ennfremur einhverja sem hugsa fyrir ákveðinni nýtingu á þessum stöðum. Orkustofnun mundi líka þarfnast samstarfs við stjórnvöld. Alveg sérstaklega óskaði Jakob eftir góðri samvinnu við Iðnaðarráðuneytið og fulltingi þess við að koma á samstarfi milli allra hagsmunaaðila. "Hér inni eru einmitt fulltrúar flestra þeirra aðila sem þarna mundu þurfa að eiga hlut að máli. Kannske má gera sér vonir um, að þessi fundur geti markað upphafið að slíku samstarfi", sagði Jakob Björnsson að lokum.

JARÐGUFUVIRKJANIR Í RAFORKUKERFI LANDSVIRKJUNAR

Agnar Olsen

Starfsemi Landsvirkjunar á sviði raforkuöflunar hefur frá upphafi aðallega beinst að nýtingu vatnsorku en í minna mæli að nýtingu jarðhita. Ástæðan er augljós, þar sem virkjun jarðhita til raforkuframleiðslu hefur enn sem komið er þótt dyrari en virkjun vatnsfallanna. Þessi samanburður getur þó breyst, ef raforkuframleiðslan er einn hluti af virkjun jarðhita til húshitunar, sbr. orkuverið í Svartsengi og hugmyndir Hitaveitu Reykjavíkur um nýtingu jarðhitans á Nesjavöllum. Þrátt fyrir að meginverkefni Landsvirkjunar hafi verið rannsóknir og bygging vatnsaflsvirkjana, hefur hún fylgst með þróun þessara mála og tekið nokkurn þátt í rannsóknum ein eða með öðrum að ógleymdum samningum um hugsanlega yfirtöku Kröfluvirkjunar. Hér á eftir verða talin helstu verkefni er Landsvirkjun hefur tekið þátt í.

Þegar Hitaveita Suðurnesja ákvað að virkja í Svartsengi fyrir tæpum áratug kom í ljós að hagkvæmt mundi reynast að nýta hluta orkunnar til raforkuframleiðslu, a.m.k. til eigin þarfa orkuversins. Upphaflega var byggt 2x1 MW raforkuver en síðar (1981) var bætt við vél og aflið aukið um 6 MW í 8 MW. Landsvirkjun fékk stækkunina til umsagnar og féllst á hana, m.a. vegna þess að á þessum tíma gætti raforkuskorts í kerfinu vegna frestunar Hrauneyjafossvirkjunar til haustins 1982. Landsvirkjun kaupir nú af Hitaveitu Suðurnesja 30 GWh/ári samkvæmt sérstökum samningi. Á árinu 1981 hófst samvinna Hitaveitu Suðurnesja og Landsvirkjunar um rannsóknaboranir í Eldvörpum, en Hitaveita Suðurnesja hafði skömmu áður öðlast rétt til rannsókna og borunar á þessu svæði. Skyldi Landsvirkjun greiða 50% af kostnaði við rannsóknirnar. Í framhaldi af þessu var síðan boruð 1265 m djúp gufuhola auk 60 m dæluholu fyrir ferskvatn. Framkvæmdum lauk 1983. Mælingar á gufuholunni gefa til kynna að hún geti gefið um 20 MW í raforku. Hitaveita Suðurnesja er nú með hugmyndir um byggingu allt að 15 MW raforkuvers í Eldvörpum, ef ráðist verður í virkjun svæðisins. Þetta mál er enn til athugunar hjá Hitaveitu Suðurnesja og Landsvirkjun, en að áliti Landsvirkjunar verður að skoða það í samhengi við uppbyggingu raforkukerfisins í heild.

Samkvæmt samningi frá 10.1.75 milli Landsvirkjunar og verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns, óskaði Landsvirkjun eftir því að eftirfarandi atriði yrðu könnuð varðandi jarðgufuaflstöð á Hengilssvæðinu: Virkjunarstaður, virkjunarstærð, kostnaður og tímaþörf.

Landsvirkjun hafði þegar í upphafi mestan áhuga á um 50 MW stöðvar-

stærð með einni eða tveimur vélasamstæðum. Hitaveita Reykjavíkur hafði uppi áform um virkjun Nesjavalla. Sú virkjun yrði væntanlega bæði hitaveitu- og raforkuvirkjun. Með tilliti til þessa óskaði Landsvirkjun sérstaklega eftir því, að gaumur yrði gefinn að þessum möguleika. Það var því ákveðið að vinna þessa frumáætlun í tvennu lagi, annars vegar fyrir sérrekstur raforkuvers og hins vegar fyrir samrekstur raforkuvers og hitaveitu. Hvað síðara tilfellingunni viðkemur, var gengið út frá áformum Hitaveitu Reykjavíkur að því er varðar afkastagetu hitaveitunnar sjálfrar. Á grundvelli þessa var fundið heppilegt samrekstursform, sem hentað gæti báðum virkjunaraðilunum. Þar sem hitaveita sem slík var ekki viðfangsefni þessarar áætlunar, varð að miða kostnaðaráætlun við raforkuverið eingöngu. Skýrsla um þetta kom út í nóvember 1975. Í skýrslunni er ekki reiknað út orkuverð frá þeim þrem valkostum sem þar eru athugaðir, en á verðlagi í des. 1984 er það lauslega áætlað á bilinu 60-95 aurar/kWh miðað við nýtingartíma 6000-7000 klst. Samsvarandi verð frá vatnsaflsvirkjunum er um 50-60 aurar/kWh. Taka verður fram að þessi samanburður er mjög ónákvæmur.

Í núverandi áætlunum Hitaveitu Reykjavíkur um nýtingu jarðvarmans á Nesjavöllum er talið hagkvæmt að reisa allt að 70-80 MW raforkuver er mundi svara til um 400-500 GWh/ári í orkuframleiðslu. Landsvirkjun hefur óskað eftir að fá að fylgjast með undirbúningi og rannsóknum er nú fara fram á vegum Hitaveitu Reykjavíkur og hefur þeirri málaleitan verið vel tekið. Formleg samvinna hefur þó enn ekki komist á, en hér gildir það sama og áður er sagt, að þessar hugmyndir verður að skoða í samhengi við aðrar áætlanir um raforkuöflun í landskerfinu.

Í ársbyrjun 1984 hófust viðræður milli Landsvirkjunar og iðnaðarráðuneytisins um yfirtöku Landsvirkjunar á Kröfluvirkjun til eignar og reksturs. Haldnir voru nokkrir fundir í ársbyrjun 1984 en frá í maí það ár hafa engir fundir verið haldnir. Af hálfu Landsvirkjunar hefur sú skoðun verið sett fram, að verðið sem greitt er fyrir virkjunina verði ákveðið þannig að heildsöluverð Landsvirkjunar þurfi ekki að hækka við yfirtökuna. Eins og málum er nú háttað, er Landsvirkjun skuldbundin til að kaupa af Kröfluvirkjun 125 GWh/ári samkvæmt sérstöku samkomulagi við Rafmagnsveitur ríkisins. Orkan er keypt á 115 aura/kWh. Fyrir síðustu áramót fór iðnaðarráðherra þess á leit við eignaraðila Landsvirkjunar, Reykjavíkurborg og Akureyrarbæ, að tilnefna fulltrúa í nefnd til að semja um yfirtöku Landsvirkjunar á Kröfluvirkjun. Búið er að skipa menn í nefndina (Reykjavík: Davíð Oddsson og Sigurjón Pétursson. Akureyri: Valur Arnþórsson og Jón Sólmes). Af hálfu ríkisins munu sitja í nefndinni Sverrir Hermannsson iðnaðarráðherra og Páll Flygenring ráðuneytisstjóri.

Fyrir rúmu ári var skipaður vinnuhópur innan Landsvirkjunar er hafði

m.a. það verkefni að afla upplýsinga um hreyfanlegar gufustöðvar af stærðinni 5-10 MW. Tilgangurinn var að fá hugmynd um kostnað við slíkar stöðvar en nú þegar eru nokkrar gufuholur tiltækar er mætti nota fyrir slíka stöð; má þar nefna holur við Eldvörp, á Reykjanesi og e.t.v. víðar. Vinnuhópurinn hefur aflað upplýsinga um verð á slíkum stöðvum frá nokkrum fyrirtækjum. Niðurstöður þær, sem nú liggja fyrir, þó ófullkomnar séu, gefa til kynna, að hér geti verið um kost að ræða sem vert er að skoða nánar. Kostnaður á 5 MW stöð er á bilinu 50-150 Mkr. (VB=185) eftir. Til viðbótar kemur kostnaður við borun og tengingu við raforkukerfið. Einn framleiðandi (Terry) bauð 10 MW stöð á 80 Mkr. Mitsubishi bauð 5 MW stöð tilbúna með rafbúnaði á 120 Mkr. Nú hefur verið ákveðið að verkanna slíka stöð í samvinnu við ráðgjafa. Áætlað er að ljúka verkhönnun í júlí n.k. Not fyrir stöð af þessu tagi er t.d. í Eldvörpum en ástæða er til að kanna svæðið betur, og sama gildir um Nesjavallasvæðið. Stöðina mætti nota til að brúa erfið tímabil í vatnsbúakp eða ef fresta á dýrum framkvæmdum í byggingu vatnsorkuvera eða tímasetningar virkjanaáfanga raskast.

Árið 1969 var gangsett 3 MW gufustöð í Bjarnarflagi á vegum Laxárvirkjunar. Frá sameiningu Laxárvirkjunar og Landsvirkjunar 1. júlí 1983 hefur stöðin verið starfrækt af Landsvirkjun en þó hefur rekstur hennar verið mjög takmarkaður; t.d. var hún aðeins starfrækt í þrjá mánuði 1984.

Af því sem á undan er rakið er ljóst að Landsvirkjun hefur tekið nokkurn þátt í rannsóknum og nýtingu háhitasvæða landsins, en hún gerir sér grein fyrir því að á þessum svæðum eru fólgnir geysimiklir möguleikar í raforkuöflun. Samkvæmt núverandi áætlunum er talið hagkvæmt að nýta um 31 TWh/ári af orku fallvatnanna og um 20 TWh/ári af jarðhitnum til framleiðslu raforku. Ef nýta á jarðhitann til raforkuframleiðslu, verður að samræma það heildaráætlunum um uppbyggingu raforkukerfisins, því að landið allt er einn markaður. Það er þess vegna eðlilegt að Landsvirkjun, sem samkvæmt lögum á að byggja og reka raforkuver og meginstofnlínukerfi landsins, fái til umfjöllunar áætlanir annarra aðila er hyggjast reisa raforkuver. Samvinnu milli Landsvirkjunar, Hitaveitu Suðurnesja og Hitaveitu Reykjavíkur þarf þess vegna að efla í þeim tilgangi að áður nefndar hugmyndir um nýtingu jarðhitans til raforkuframleiðslu falli inn í uppbyggingu raforkukerfis alls landsins.

Miðað við bráðabirgðaspár um orkunotkun á næstu árum virðist ljóst að án tilkomu nýrrar stóriðju dugir núverandi kerfi ásamt Blönduvirkjun fram yfir 1995, en auk Blöndu eru virkjanir upp á tæplega 3000 GWh/ári verkannaðar og hægt að bjóða þær út með stuttum fyrirvara. Landsvirkjun hefur þess vegna ekki gert áætlanir um jarðgufuvirkjanir,

en reynist orkuverð frá slíkum stöðvum álíka eða lægra en frá vatnsafsvirkjunum er sjálfsagt að taka þær með þegar velja á næstu virkjanir í kerfinu. Ýmislegt þarf að skoða í því sambandi svo sem samrekstur gufu- og vatnsafsvirkjana, staðsetningu, áhrif á uppbyggingu raforkukerfisins o.fl. Markmiðið hlýtur að vera að sjá markaðnum fyrir eins ódýrri og jafnframt öruggri orku og kostur er hverju sinni, og skiptir þá ekki máli hver orkugjafinn er.

NÝTING JARÐGUFU TIL IÐNAÐAR

Guðmundur Gunnarsson og Hallgrímur Jónasson, Iðntæknistofnun

Guðmundur Gunnarsson gerði sögulegt yfirlit um nýtingu jarðvarma í iðnaði og lýsti tilraunastarfsemi þar að lútandi. -Athuganir á nýtingu jarðvarma í iðnaði er tiltölulega nýr þáttur í starfsemi Iðntæknistofnunar. Fyrsta athugun af þessu tagi var frumkönnun á C-vítamínframleiðslu sem gerð var 1983, en fram að þeim tíma hafði athyglin nær eingöngu beinst að nýtingu raforku og innlendra jarðefna í iðnaði. Haustið 1982 fréttum við af fjölfyrirtækjaverkefni um vatnsvarmaferli, en í slíkum ferlum er efni meðhöndlað með yfir 100 °C vatni eða vatnslausnum og því ljóst að hægt væri að nýta jarðgufu sem orkugjafa í slíkum ferlum. Dæmi um þetta er súrálframleiðsla með aðferð Bayer, en þar er efja hituð í 150-200 °C. Vatnsvarmaferli byggjast ýmist á uppleysingu efna, eins og t.d. í súrál-, kopar- og títanhvítuframleiðslu eða útfellingu efna úr lausn, t.d. nikkelduft-, járnoxíð- og zirkóníumoxíðframleiðsla. Fjölfyrirtækjaverkefni þýðir að margir aðilar borga fyrir rannsóknir með þáttökugjaldi, og umfang verkefnisins fer þá eftir fjölda þátttakenda. Það sem vakti áhuga okkar á þessu verkefni var að við sáum möguleika á að kanna hvað hægt væri að gera við jarðgufu í vatnsvarmaferlum, bæði í þeim sem nú eru starfrækt og þeim sem eru í þróun. Í þessu verkefni er aðallega lögð áhersla á hinn fræðilega og tæknilega grunn vatnsvarmaferla, einkum þeirra sem byggja á útfellingu efna úr lausn, en minni áhersla lögð á tæknilega útfærslu einstakra ferla og áætlun rekstrarkostnaðar. Þó eru tekin fyrir þrjú ferli og gerð fyrir þau stofn- og rekstrarkostnaðaráætlun; þau eru súrálsvinnsla, koparframleiðsla og járn-oxíðframleiðsla -Sem dæmi sýndi Guðmundur niðurstöðu fyrir súrálframleiðslu í 300.000 tonna verksmiðju, en nýjar verksmiðjur af þessu tagi hafa 600.000 til milljón tonna framleiðslugetu. Í þessari verksmiðju er gufan 23% af framleiðslukostnaði eða 71\$ pr tonn miðað við aðstæður í Bandaríkjunum. Hér á Íslandi gæti þetta farið niður í 10\$, en hætt er við að hráefnisverð hækki sem því nemur. Af öðrum verkefnum um nýtingu jarðgufu til iðnaðar nefndi Guðmundur úttekt á stöðu og framtíðarmöguleikum Sjóefnavinnslunnar hf. á síðasta ári, og einnig tillögu um tvö verkefni sem ekki fékkst samþykki fyrir; annað var tillaga til stóriðjunefndar um forathugun á súrálsvinnslu (í samvinnu við Orkustofnun) en hitt voru drög að verkefni um nýtingu jarðvarma í iðnaði. Að lokum minntist hann á eina tilraunaverkefnið sem tengist nýtingu jarðvarma og hefur verið í gangi síðastliðin tvö ár, það er framleiðsla zeólíta og silikata úr perlusteini og vikri.

Kostnaður við þessi verkefni skiptist í: aðkeypta þjónustu 2,5 M kr,

laun 1,5 M kr, annað 0,5 M kr og tæki 0,5 M kr eða alls um 5,0 M kr á tveim árum til athugunar á nýtingu jarðvarma í iðnaði.

Fyrirhuguð tilraunastarfsemi á árunum 1985 og 1986 eru:

- 1) Áframhaldandi könnun á zeólítum og silikötum úr perlusteini og vikri
- 2) PSZ (partial stab. Zirkonium) sem er eitt þessara nýju keramisku efna, hugsanlega í samvinnu við ASEA-Cerarama, dótturfyrirtæki ASEA
- 3) Framleiðsla jón-leiðara í samvinnu við RISÖ í Danmörku
- 4) Felling kíslar eða kísils úr jarðsjó í samvinnu við Hitaveitu Suðurnesja og Raunvísindastofnun

Það er rétt að það komi fram að lágt gufuverð mun ekki vera afgerandi fyrir hagkvæmni þessarar framleiðslu, en engu að síður er það hvati að því að við höfum lagt út í að athuga þessa möguleika. Kostnaður við þessar rannsóknir er áætlaður 12-14 M kr og þar af eru um 3-5 M kr í tækjum, en þessi kostnaður fer upp í 26 M kr. ef farið verður út í framleiðslutilraunir. Markmið með þessum verkefnum verður að kanna notagildi afurðanna sem við fáum, m.a. með því að senda þær til væntanlegra kaupenda og fa mat þeirra á efnunum, hversu hæf þau séu í þeirra framleiðslu.

Hallgrímur Jónasson gerði grein fyrir verkefni sem Guðmundur Gunnarsson nefndi, þ.e. möguleikakönnun á olífrænu efnaferli, sem var unnin í samstarfi við Battelle. Undirbúningi nýiðnaðartækifæra er skipt í fjögur stig: Möguleikakönnun, frumkönnun, forathugun og hagkvæmniathugun og markast af óvissu áætlunarinnar í hverju tilfelli. Óvissan fer frá því að vera 30% í möguleikakönnun og niður í 10% í hagkvæmniathugun, en að sama skapi vex tími undirbúningsins frá um og innan við mánuð og í að verða allt að tvö ár. Sömuleiðis vex kostnaðurinn tífalt milli þrepa og má því gera ráð fyrir að ef farið er í hagkvæmniathugun á efnaferli, gæti hún orðið allt að 3% af stofnkostnaði.

-Ég ætla að ræða möguleikakönnun þar sem eru tekin saman mörg ferli og safnað um þau grundvallarupplýsingum og þau borin saman. Það sem lagt er til grundvallar í þessu tilfelli eru nokkrar innlendar forsendur, m.a. er kostnaður jarðgufu áætlaður 1,4-1,7 \$, en oft er notað 2\$/tonnið. Laun eru ekki nema um helmingur af því sem gerist í Bandaríkjunum. Þegar talað er um staðarkosti er þannig fyrst og fremst átt við jarðgufu auk lágra launa í dag. Þau ferli sem skoðuð voru var skipt í tvennt, annars vegar í hefðbundin ferli þar sem tækni og markaður eru mjög vel þekkt, og hins vegar í ný ferli þar sem tækni og markaður eru ekki jafnvel þróuð. Skoðuð voru 11 ferli í þessari könnun, 5 hefðbundin og 6 ný ferli sem eru í þróun. Gera má ráð fyrir

mun meiri ágóðavon af nýjum ferlum en þeim fylgir áhætta og þróunar-
kostnaður. Öll þessi ferli miðast að langmestu leyti við innflutning
hráefnis. Markmiðið í þessum tilfellum var því að finna álitlegustu
ólífræn vatnsvarmaferli sem til greina kemur að staðsetja á Íslandi.
Samstarfið við Battelle, sem hefur mikla reynslu í vatnsvarmaferlum
ætti að geta flýtt fyrir þessari uppbyggingu hérlandis Þær upp-
lýsingar sem safnað var eru t.d :

- gufunotkun, tonn gufu pr. tonn afurðar
- fjarfesting á árstonn
- hentugar framleiðslueiningar
- stærð markaðar og möguleikar á að komast inn á hann
- hráefni, hve mörg tonn á hvert tonn afurðar til að geta
metið hvað flutningskostnaður er stór hluti
- mannaflí
- aukaafurðir ef einhverjar eru
- aðrir orkugjafar en gufuorka
- ferillýsing.

Helsta niðurstaðan er að áhugavert er að skoða títanhvítu, en jafn-
framt gæti komið til álita jarnoxíð og nikkelduft. Heildarorkunotkun
ef öll þessi þrjú verkefni kæmst í gagnið yrði um 1 til 1,5 M tonn á
ári, en holurnar á Reykjanesi gefa rumlega 1 M tonn gufu í dag.
Heildarstofnkostnaður þessara þriggja verkefna er um 150 M US\$ og þar
af má áætla undirbúningskostnað um 1,5% eða 90 M ísl kr., sem er um
helmingur af fjárförf Orkustofnunar á ári við að vinna að þeirri
áætlun sem hér er til umræðu. Þetta er sagt til að leggja áherslu á
það misvægi, sem er í fjárveitingum til orkuvinnslu annarsvegar og
orkunýtingar hins vegar.

NÝTING HÁHITA TIL FISKELDIS

Jónas Mattíasson

Fiskeldi á Íslandi er í senn bæði gamalt og nýtt; gamalt í þeim skilningi að langt er um liðið frá því að frumkvöðlarnir hófust handa, nýtt í þeim skilningi að á næstu árum verður þróunin trúlega mjög ör, þ.e.a.s. ef rétt er á málum haldið.

Menn skiptast talsvert í tvo hópa í afstöðu sinni til fiskeldis, þá sem telja að það sé feigðarflan og hina sem telja að þetta sé stórgróðaatvinnuvegur. Mér liggur við að segja að því miður hafi raddir þeirra síðarnefndu orðið of yfirgnæfandi.

Ég lét þessi orð falla hér til undirstrikunar á þeirri staðreynd að fiskeldi á Íslandi verður að standast erlenda samkeppni, ekki bara í bráð, heldur einnig í lengd. Aðstaða til fiskeldis á Íslandi er slæm að því leyti að sjávarhiti er full-lágur, jafnvel við suðurströndina og skjólsælar vikur, en vogar og sund af skornum skammti. Sjóeldi eins og Norðmenn, Skotar og Færeyingar stunda verður því takmarkað hér við land, a.m.k. fyrst um sinn.

Af þessum sökum verður að leita annarra leiða. Ein leiðin er nýting jarðvarmaorku, sem í flestum tilvikum krefst þess að fiskeldisstöð sé á landi og í námunda við jarðhitauppsprettuna. Reykjanesið er áreiðanlega einn besti staður landsins í þessi tilliti.

Fiskeldisstöð á landi er dýrari en fiskeldisstöð í sjó. Við bætast útgjöld til dælingarorku og varmaorku. Það er því augljóst að hér verður að gæta ýtrustu varkárni.

Eina vonin til að standast samkeppnina felst í því að með notkun jarðvarma til upphitunar megi stytta eldistímann, auka framleiðnina, stýra framleiðslunni þannig að afurðir séu markaðshæfar á þeim tíma sem keppinautarnir framleiða minna.

Orkukostnaðurinn skiptir hér sköpum. Til þess að komast að kjarna málsins er nauðsynlegt að svara eftirtöldum spurningum:
Hver er orkupörfin? -en fyrir 1000 t/ár lax er hún 0,7 til 1 MW af raforku og 45 til 100 MW varma, miðað við 10-12 °C.
Hvar fæst slík orka? -en pörfin er slík að leita verður í háhita.
Hvað kostar orkan? -raforka, smásala 230 aura/kWh og heildsala 130 aura/kWh, hitaveituvatn á 50 aura/kWh, gufa 5-10 aura/kWh, olía 150 aura/kWh og afgangsvarmi 0-1 aura/kWh.

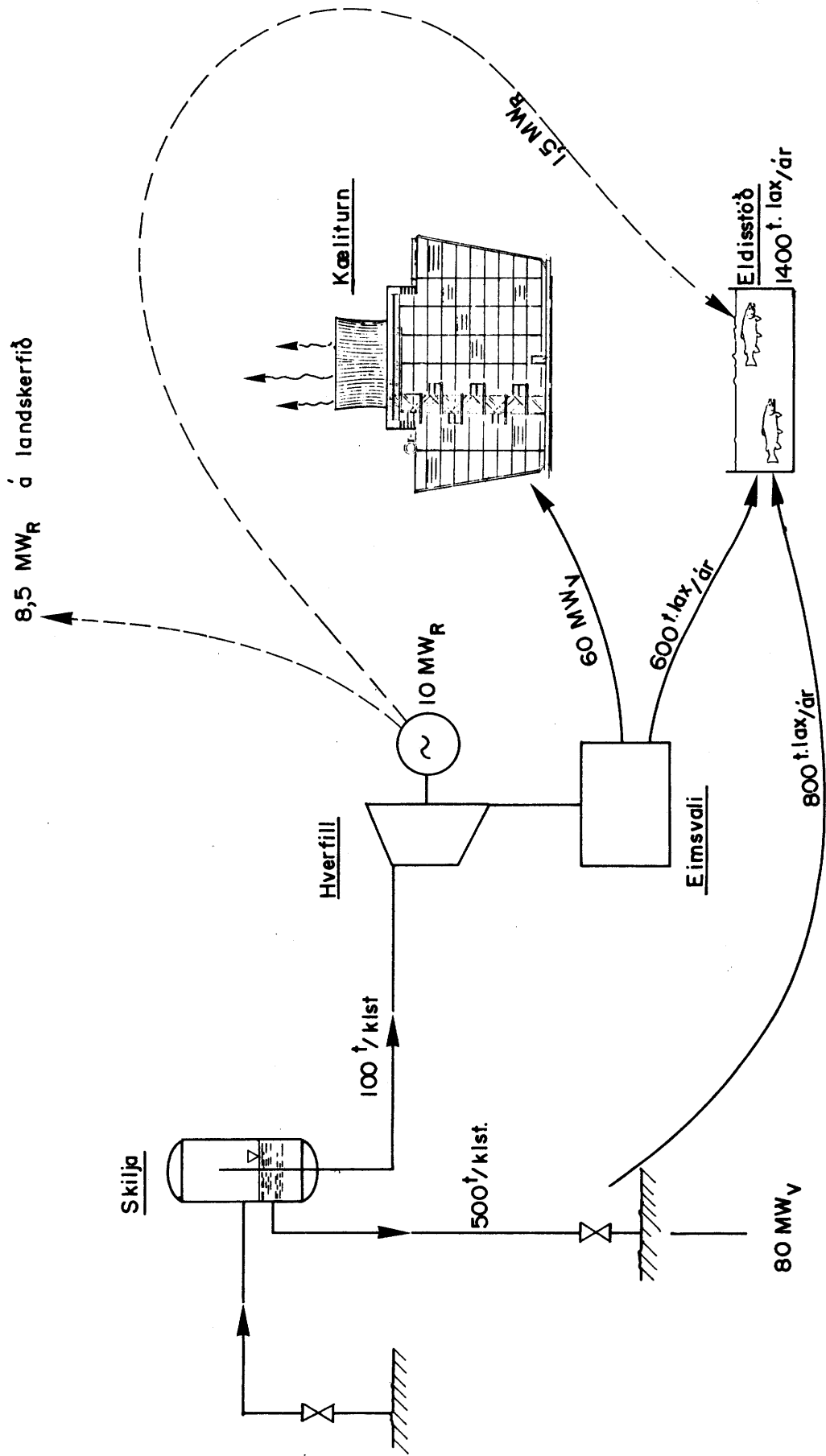
Hve mikið má orkan kosta? -að framleiða 100 t/ári kostar 613 kr og til orkukaupa verða eftir 57 kr, en ef framleidd eru 500 t/ári þá kostar það 474 kr og eftir verða 66 kr, þ.e. aðeins um 60 kr eru eftir fyrir orkukaup.

ORKUKOSTNAÐUR

FISKIÞYNGD			50 g	3000 g	6000 g
Dælingarkostn.	7°C	230 aurar/kWst.	0,4	32	71
"	10°C	" "	0,5	44	94
"	10°C	" "	0,6	55	120
Upphitunarkostn.	7°C	50 aurar/kWst.	0	0	0
"	10°C	" "	7	595	1330
"	12°C	" "	15	1240	2770
"	7°C	5 aurar/kWst.	0	0	0
"	10°C	" "	0,7	60	133
"	12°C	" "	1,5	124	277
Til samanburðar FOB verð á laxi			35-60	650-750	1400-1600

Er einhver leið fær? Ljóst er að mest af orkukostnaði fer beint í dælingarkostnað. Raforkan mætti ekki kosta meira en 1 kr. Að öðrum kosti þyrfti að slaka á kröfum um upphitun Einnig kæmi til greina að framleiða gufu á staðnum, t.d. með lítilli hreyfanlegri stöð. Til greina kæmi að kaupa raforku tímabundið á afgangsortkutaxta meðan á uppbyggingu stendur.

Það er ljóst af framansögðu að hagkvæmni fiskeldis ræðst einkum af orkuverði.



Max. Væðing	2,35	UM
Max. Hæð	11	EG
Max. Vindh.	11	
Max. Bætur		
Max. Væðing	2,35	UM
Max. Hæð	11	EG
Max. Vindh.	11	
Max. Bætur		
Max. Væðing	2,35	UM
Max. Hæð	11	EG
Max. Vindh.	11	
Max. Bætur		

VERKFRÆÐISTOFA
 GUDMUNDAR & KRISTJÁNS
 Laufásvegi 12
 Sími 26022

FISKELDI GRINDAVÍKURVYF

NESJAVALLAVIRKJUN

Jóhannes Zoega og Valgarður Stefánsson

Jóhannes greindi frá virkjunaráformum Hitaveitu Reykjavíkur á Nesjavöllum. Virkjunaráformin kvað hann ráðast af þörf fyrir varma til hitaveitunotkunar fyrst og fremst. Hann sýndi áætlun um afl hitaveitunnar (MW) fram til aldamóta og sagði að nýbyggingar á höfuðborgarsvæðinu hafi svarað til þess að varmaþörf til upphitunar húsa hafi aukist um að meðaltali 3,8% á ári síðustu 30-40 árin, efri mörk eru við 4% og neðri við 3,5%. -Núverandi afl virkjaðra jarðhitasvæða borgarinnar er um 450 MW og hámarkspörfin samkvæmt reynslu okkar er um 550 MW. Til að mæta aukingunni hefur verið reist ný kyndistöð og miðlunargeymar hafa verið stækkaðir verulega, þannig að í augnablikinu höfum við nægt afl til að ráða við öll venjuleg kuldaköst. En svo virðist sem við séum komin í þrot með svæðin í Reykjavík og Mosfellsveit. Frá 1964-1965 hafa svæðin lengra í burtu, t.d. Nesjavellir, Kolviðarhöll og fleiri svæði í eigu ríkis og einstaklinga verið athuguð. Árangurinn af því að halda í horfinu á núverandi svæðum hefur orðið næsta lítill og vegna verðlagsstefnu ríkisstjórna eftir 1970 hefur hitaveitan orðið að draga í land með rannsóknir og boranir. Varð hún að hætta þeim algerlega á Hengilssvæðinu 1972 og draga verulega úr á höfuðborgarsvæðinu, þ.e. Reykjavík og Mosfellsveit eftir 1976. Þá var staðan að vísu nokkuð góð, afl Mosfellsveitarsvæðanna aukið og virkjun Reykjavíkursvæðanna að mestu lokið. Síðan 1976 hefur um 50 Mkr verið varið á ári til borana á nálægum svæðum og til að síkka dælur, án þess að afl svæðanna hafi aukist. Þessar 50 Mkr á ári eru því hreint rekstrarfé. Árið 1984 var borun á Nesjavöllum tekin upp aftur í von um nægt afl. En Nesjavellir komast ekki í gagnið fyrr en um 1990 þangað til er ljóst að stækka verður miðlunargeyma, en þeir nýtast einnig fyrir Nesjavallavirkjun. Árið 1982-1983 fengum við ráðgjafarverkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns til þess að gera drög að áætlun um jarðgufuvirkjun á Nesjavöllum. Þessi drög eru fyrst og fremst rammi sem við höfum sett okkur og það sem ákvarðar þennan ramma var þörfin næstu einn til tvo áratugi, eða framundir aldamót. Í henni er gert ráð fyrir að heildarafl á Nesjavöllum verði nægt fyrir 400 MW varmavirkjun. Ef 4% aukning verður á aflþörf þá er þessi virkjun fullnotuð 1998, en endist 2-4 árum lengur ef aukningin lækkar í 3,5%. Í þessari frumathugun er gert ráð fyrir að hægt sé að skipta þessu í 4 áfanga upp á 100 MW hvern. Þar sem hiti á Nesjavöllum er hár kemur það eins og aukaafurð að hægt er að bæta við rafmagnsframleiðslu. Það virðist mega virkja jarðhita á Nesjavöllum fyrir Hitaveitu Reykjavíkur á mjög sambærilegu verði og kannski heldur lægra en var í Reykjavík, áður en núverandi basl hófst og raforkusalan gæti gert reksturinn enn hagkvæmari.

Valgarður Stefánsson segir frá stöðu rannsókna á Nesjavöllum og hvað við vitum um það svæði, og setur mál sitt í samhengi við áætlunina sem Jóhannes skyrði frá. Sýndi Valgarður mynd af Hengilssvæðinu og fimm undirsvæðum. Var hún að mestu byggð á landfræðilegri skiptingu samkvæmt gömlu háhitaáætluninni. -Nesjavallasvæðið sem við nú höfum áhuga á er í norðurhluta svæðisins, en einnig hefur verið skoðað svæðið í hringum Kolviðarhól, þótt sú athugun sé mun styttra á veg komin. Á Nesjavöllum voru boraðar nokkrar holur fyrir 10 til 15 árum og nú er verið er að stækka það svæði til allra átta með borunum og sannreyna þannig stærð vinnslusvæðisins á þessum stað.

Af myndum er sýndu hita og þrýsting í jarhitakerfinu á mismunandi dýpi kom fram að hiti vex til suðurs eða suðvesturs og að sömu sögu er að segja um þrýsting á svæðinu. -Þetta þýðir að ef eitthvert náttúrulegt rennsli er í svæðinu þá hlýtur það að vera til norðurs. Mun vænlegra virðist að fara til vesturs en til austurs, en mun erfiðara er að vinna svæðið til suðurs uppi í fjöllum. Út frá ákvörðun á þrýstingi í kerfinu sést að við fáum fjórar einingar, en menn muna kannski að það þurfti að skipta Kröflu í tvær einingar (efra og neðra kerfi); nú er þróunin komin lengra og það virðist þurfa fjórar einingar. Þetta sýnir að kerfið er tiltölulega flókið, það er sundurleitt (inhomogent) og sem dæmi má nefna að í borholu 6 fáum við tengingar í þrjá hluta. Séu þessi gögn tekin saman í eina mynd gæti komið út að það væru einhverjir veggir, einhvernvegin í kerfinu og mynduðu hól. Það kæmi rennsli inn í þessi hól á einhvern hátt sem við vitum ekki nákvæmlega um eins og er, en aðalstraumurinn í kerfinu væri eitthvað vestan við það sem við höfum verið að bora fram að þessu. Við drögum af þessu þá ályktun að svæðin í suðurhlutanum séu áhugaverðust í framtíðinni.

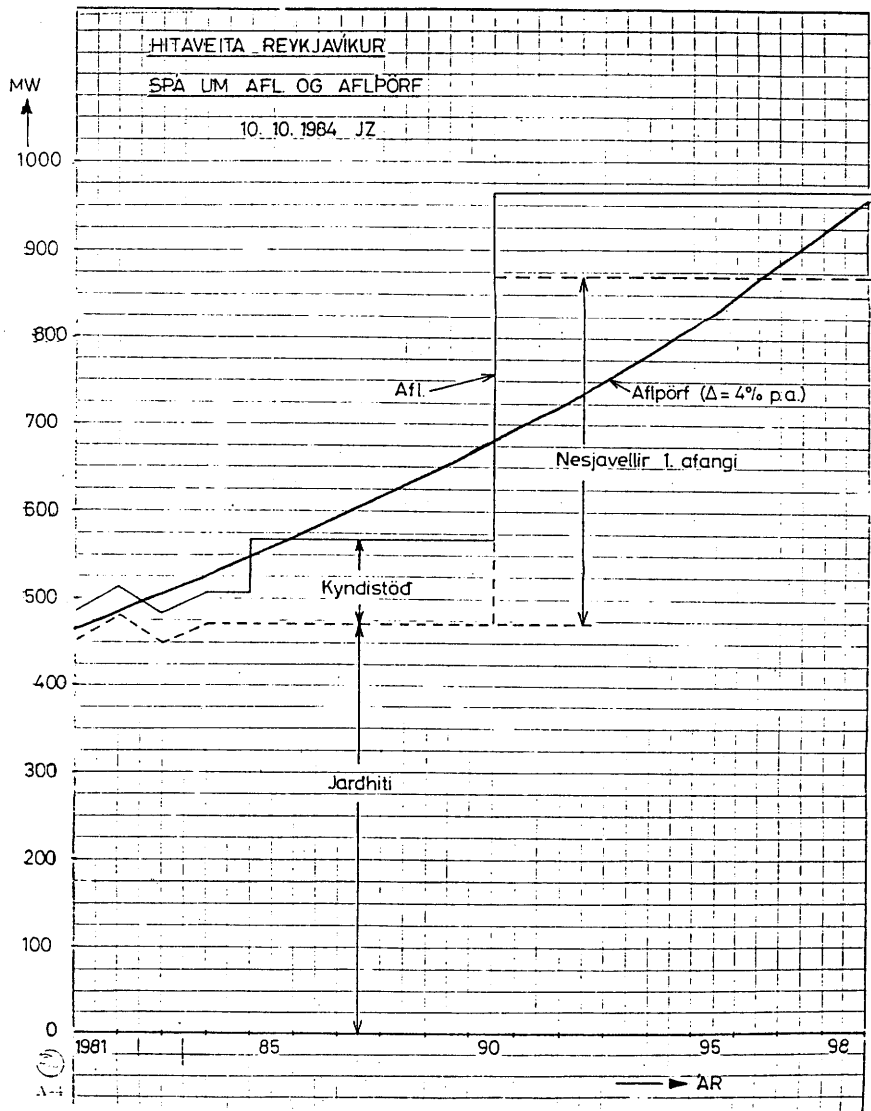
Einnig má líta á hvað kemur upp úr Nesjavallasvæðinu eins og er, en þar eru nú fimm holur blásandi. Í töflu var sýnt hvað holurnar gefa af sér en þar kom fram að skipta mætti þeim í tvo hópa, annan með háu varmainnihaldi, 1900-2000 kJ/kg, og hinn með um eða undir 1300 kJ/kg, en holur síðarnefnda hópsins eru í norðurhluta svæðisins. Heildarvarmi upp úr holunum öllum -ef holu 5 sem er skemmd er sleppt -er hins vegar nokkuð svipaður, en alls fást um 241 MW eða um 56 MW að meðaltali úr holu

Vinnslusvæði Nesjavallasvæðisins hefur farið stækkandi ár frá ári eftir því sem borað hefur verið meira, en segja má að búið sé að sannreyna að það sé ekki minna en 2,7 km². Þá má nefna annað atriði sem sjaldan er rætt um, en það er holubéttleiki á vinnslusvæðinu. Hér hef ég gert ráð fyrir 11 holum á ferkílómetra eftir 20 ára vinnslu, en þetta er tala sem fengin er með hliðsjón af hermun sem annarsvegjar hefur verið gerð fyrir Kröflusvæðið og hinsvegjar Olkaría í Kenya. Með því að reikna með 7,3 holum á ferkílómetra í upphafi og eðlilegri hnignun borhola, ásamt 56 MW úr hverri að meðaltali, má reikna fram

hrávarmann sem $7,3 \cdot 2,7 \cdot 56 = 1100$ MW, miðað við stöðuna í dag, sem nægir fyrir 550 MW virkjun.

Að lokum ítrekaði Valgarður að svæðið væri margbreytilegt, sem þýddi að við ákvarðanatöku þyrftu að liggja fyrir tiltölulega meiri upplýsingar en ef svæðið væri homogent; sumir hlutar kerfisins væru sjóðandi, aðrir í vatnsfasa. Það skipti máli fyrir vinnslurásir í virkjunum hversu mikið af gufu og hversu mikið af heitu vatni kæmi upp úr svæðinu.

-Það sem liggur fyrir að gert verði á Nesjavöllum á næstunni er að bora um fimm holur, þar sem nánar verði leitast við að afmarka vinnslusvæðið og kanna innri eiginleika þess hvað sé í suðu og hvað ekki. Það verða gerðar yfirborðsrannsóknir og þær notaðar til hjálpar við að ákvarða stærð svæðisins til að fá viðmiðun og auk þess er gert ráð fyrir að herma svæðið eða simulera í tölvu til að vita hvaða líkön við getum notað í framtíðinni og til að fá betri ákvörðun um þéttleika holanna, sem við setjum á svæðið næstu 20-30 árin og einnig til að simulera viðbrögð svæðisins í 20-30 ár.



VIRKJANIR Í SVARTSENGI OG ELDVÖRPUM

Albert Albertsson og Trausti Hauksson

Albert Albertsson fjallaði um virkjunaráform Hitaveitu Suðurnesja -Nýtingarmöguleikar háhitasvæðanna á Reykjanesi eru margir, en það er álit Hitaveitu Suðurnesja að þau eigi fyrst að nýta í hitaveitu og til iðnaðar en síðast til raforkuframleiðslu eingöngu. Helsti kostur jarðhita fram yfir olíu og vatnsorku er að þegar orkan er nýtt sem varmi þá er vinnslukostnaður jarðhitans 5 til 10 sinnum minni en kostnaður við að nota olíu eða raforku. Til gufufurframleiðslu í iðnaði er verð jarðhita nálægt því að vera tíundi hluti af verði olíu eða rafmagns. Jarðgufu er hægt að vinna allt að 200 °C heita, en megin varmanotkun iðnríkja er innan þess hitastigs Suða, þurrkun, eiming og kæling eru varmafreakustu notkunar sviðin í iðnaði, en húshitun gnæfir yfir sem stærsti varmanotandinn. Iðnaðarnot falla því vel að þeim hitastigum og varma sem háhitasvæði landsins geta gefið af sér. Nýtingarvandamál jarðgufu eru einnig hverfandi þar sem oftast er unnt að nota tæki og framleiðsluferla óbreytta þegar farið er frá ketilgufu yfir í jarðgufu. Það er augljóst að heppilegasta nýting háhita er í iðnaði með samvinnslu raforku. Til þess að notkun gufu í iðnaði geti orðið útbreidd þarf að setja upp gufuveitu og skapa aðstöðu til iðnrekstrar. Gufuveita til margþættra iðnaðarnota er jafn sjálfsögð og hitaveita til húshitunar.

Um rannsóknir í Svartsengi. Efnafræði jarðhitavökvans er vel þekkt og er vökvinn að 2/3 hlutum sjór. Stærð svæðisins er áætluð 11 km². Samfelld lágviðnámslögð er milli háhitasvæðanna. Í Svartsengi er virkjun og beinast rannsóknir því fyrst og fremst að rekstri svæðisins. Fylgst er með hitastigi, þrýstingi og vatnsborði á svæðinu. Einnig fara nú fram tilraunir með dælingu affallsvatns niður í jarðhitageyminn. Í Eldvörpum hefur ein rannsóknar- og vinnsluhola verið boruð, en í Svartsengi hafa 12 holur verið boraðar, tvær eru bilaðar og ein var boruð gagnert fyrir niðurdælingartilraunir. Í Svartsengi er hiti um 240 °C, en um 260 °C í Eldvörpum. Þessi svæði henta mjög vel til iðnaðarnota og í hitaveitu. Í Svartsengi er uppsett hitaveituafl um 125 MW, sem er um 20% af uppsettu afli Hitaveitu Reykjavíkur. Á árinu 1983 framleiddi Svartsengi um 442,7 GWh (um 6,8 Mtonn) af heitu vatni og um 40 GWh af raforku, þar af 10 til eigin nota. Af köldu vatni var dælt upp um 7,5 Mtonn. Svartsengi framleiðir um 24% af aflþörf Suðurnesja allra. Kostnaður við framleiðslu á einni kWh í vatnsorku er um 10-14 aurar á kWh, og kostnaður við dreifingu er um 20 aurar á kWh.

Könnuð hefur verið aukning á raforkuframleiðslu í Svartsengi og er

meginniðurstaðan sú að auka megi rafafli í Svartsengi um allt að 15 MW. Til þess að koma þessu viðbótar-rafmagni frá Svartsengi þá þarf 132 V línubýggingu frá Svartsengi og niður að Fitjum. Í Svartsengi hafa Iðntæknistofnun og Raunvísindastofnun gert athyglisverðar tilraunir með að fella kísl. Hitaveitan hefur einnig verið að athuga möguleika á frekari nýtingu lágvarma, þ.e. 55-60 °C varma úr lónvatninu og afgangsgufu, en þessi varmi er um 30-40 MW. Má nota hann í ylrækt, fiskeldi, fiskþurrkun og fleira. Hitaveitan hefur stuðlað að stofnun heilsuhælis í tengslum við lækningamatt jarðsjávarins, Bláa lónsins. Fyrirhugað er að kanna í ár hvort hægt sé að tvöfalda kaldavattsvinnslu úr ferskvattslinsunni þannig að hún verði samtals um 1000 l/s. Að síðustu skal í þessari upptalningu rætt um samrekstur fiskeldis og raforkuframleiðslu Vegna fjölmargra fyrirspurna til Hitaveitunnar um að selja varmaorku til fiskeldis er hún að láta for- og verkhana 2x 7,5 MW raforkuvirkjun þar sem kælivarminn verður nýttur í fiskeldi. Upp af umræddu fiskeldi er fyrirhugað iðnsvæði mengunarlauss iðnaðar.

Ætlunin er að reisa 33 kV hringlínu þannig að svæðið innan og við hringinn yrði væntanlegt iðnaðarsvæði, sem tengdist landskerfinu með 132 kV línu milli Svartsengis og Fitja. Með þessu er gert rað fyrir að fyrir 1992 verði viðbótar-aflþörf þessa svæðis um 12 MW, Grindavík sjálf með 3,5 MW, þrjú fiskeldi hvert með 1 MW og Íslandslax með 5,5 MW.

Að lokum um skipulagsmál. Sú mikla orka sem felst í jarðvarma Suðurnesja og þau miklu efnaauðæfi sem í jarðsjónum og gufunni eru krefjast átaks í skipulagningu orku- og iðnaðarmála Suðurnesja. Málaflokkar sem fjalla þarf um eru: Réttur til raforkuvinnslu, réttur til ferskvattstöflunar, staðarval iðnaðar, vegamál innan svæðisins, hafnarmál, iðnsvæði og iðngarðar, stefnumótun í verðlagningu jarðgufu og varma almennt svo og jarðsjó til efnaiðnaðar, virkjanapörf og virkjanahraði og að lokum markaðsmál og leit að iðnaði sem getur notað jarðgufu, en það er einmitt þar sem skórinn kreppir nú. Eindregið er lagt til að einn aðili, þ.e. Hitaveita Suðurnesja hafi rétt til vinnslu jarðhita og ferskvattns á öllu svæðinu. Sérstök ástæða er til að leggja áherslu á að gufuveita til iðnaðar er jafnsjálfsögð og hitaveita til húshitunar.

JARÐHITARANNSÓKNIR Í SVARTSENGI OG ELDVÖRPUM

Trausti Hauksson

Útbreiðsla jarðhita á utanverðum Reykjanesskaga hefur verið kortlögð ýtarlega með viðnámsmælingum. Mælingarnar sýna þrjú háhitasvæði, þ.e. á Reykjanesi, í Svartsengi og í Eldvörpum. Tvö önnur lágviðnámsvæði koma fram, við Fagradalsfjall og Sandvík. Háhitasvæðin eru öll tengd jarðfræðilegum fyrirbrigðum, þ.e. sprungubelti eða gígaröð sem sker skjálftabelti það sem liggur eftir endilöngum skaganum. Svartsengisvæðið sem virkjað er af Hitaveitu Suðurnesja tengist Eldvörpum samkvæmt viðnámsmælingum.

Hitastigsmælingar í borholum sýna hæstan hita á Reykjanesi eða um 295 °C; 263 °C mælast í borholu í Eldvörpum en 240 °C í Svartsengi. Selta borholuvökva er svipuð og sjávarselta á Reykjanesi en um 2/3 af sjávarseltu í Eldvörpum og Svartsengi. Þetta bendir til svipaðs uppruna jarðsjávarins í Eldvörpum og Svartsengi og gæti bent til samgangs milli svæðanna.

Afköst borhola á Reykjanesskaga eru mjög góð og borholur mjög opnar. Úr þeim er hægt að ná meira en 150 kg/s rennsli en vegna mismunandi innstremmishita er gufumagn mest frá borholum á Reykjanesi. Borhola RNG-9 gefur 25-30 kg/s af háþrýstigufu (180 °C) við 100-120 kg/s heildarrennsli en ekki er raðlegt að taka meira úr holunni vegna hættu á sliti á holutoppi. Að auki fást um 15-20 kg/s af lágþrýstigufu úr holunni.

Fylgst hefur verið með vatnsborðsbreytingum í jarðhitageyminum frá því að vinnsla hófst. Niðurdrátturinn var mun hraðari en við var búist eða um 10 metrar á ári fyrstu árin en jókst í 20-30 metra þegar orkuverði komst í full afköst og 6 MW túrbínan var tekin í notkun. Niðurdrátturinn er svo mikill að hætta er á að suðuborð í borholum fari niður fyrir fóðringarenda og að hreinsanir kalktappa verði illviðráðanlegar. Mikill niðurdráttur getur einnig orsakað innstremmi sjávar inn á svæðið með ófyrirsjáanlegum afleiðingum vegna útfellinga efna úr sjónum og kólnunar.

Áhugi var því á að reyna að dæla niður jarðsjó þeim sem upp kemur, í geyminn aftur og með því móti lengja líftíma hans og bæta varmanýtni vinnslunnar. 90% varmans er í berginu og ma því hugsanlega ná meiru af honum upp með hringrás jarðsjávar gegnum geyminn.

Þegar vinnsla er minnkuð á sumrin og lokað fyrir holur hægir á niðurdrætti og snýst hann jafnvel við. Þetta gefur tilefni til að ætla að

niðurdæling gæti haft veruleg áhrif á niðurdrátt.

Síðastliðið haust var gerð tilraun með niðurdælingu jarðsjávar í holu 12 í Svartsengi. Tilgangur hennar var að kanna hugsanleg vandamál vegna kísilútfellinga úr jarðsjónum, kanna áhrif niðurdælingar á vatnsborð og meta hugsanlega kólnun vinnsluhola með ferlunartilraun. Tilraunin stóð skemur en áætlað var vegna útfellinga kísils sem stífluðu niðurdælingarholu að hluta, og var því dælingu hætt áður en varanlegar skemmdir yrðu á holunni.

Þrátt fyrir þennan stutta dælingartíma mátti sjá áhrif á vatnsborð í holu 4. Vatnsborðið var nokkuð stöðugt þar til dælingu var hætt, en þá lækkaði vatnsborð hratt á ný. Í desember var dælt afloftuðu ferskvatni á holuna og stöðvaðist niðurdrátturinn þá en hófst aftur þegar dælingu var hætt. Þetta sýnir að niðurdæling í holu 12 hefur áhrif á niðurdráttinn.

Til að meta samgang milli niðurdælingar- og vinnsluhola var sett niður ferlunarefni, 350 kg af kalíumjodíði. Efnið kom fljótlega fram í holu 6 sem er í 200 m fjarlægð suður af holu 12 og var meðalhraði um 2 m/klst. Um 40% af efninu sem sett var niður skilaði sér í holu 6.

Í holur 7 og 8 skilaði efnið sér eftir um 6 vikur og var hraði um 0,5 m/klst sem er lítil hræði. 3% af efninu kom upp um holu 8 og 1% upp um holu 7 en hún er lítið eitt vestar en hola 8. Ekkert hefur enn komið fram í holum 9 og 11, þ.e. á 5 mánuðum. Þetta bendir til þess að jarðhitavökvinn streymi í suður í jarðhitageyminum og að skil séu milli hola vestarlega á svæðinu og vinnsluhola austarlega. Þetta þýðir að álitlegt er að reyna frekari niðurdælingu í holu 12 og e.t.v. holu 6 og 5 en miða við að vinna úr borholum 7, 8, 9 og 11 vestar.

RANNSÓKN OG HAGNÝTING HÁHITA VIÐ KRÖFLUVIRKJUN

Ásgrímur Guðmundsson og Einar T. Elíasson

Hér á eftir verður stiklað á stóru um gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun síðastliðin 10 ár. Gerð verður grein fyrir helstu forsendum sem lagðar voru til grundvallar í byrjun og hvernig þróun mála varð. Þegar ákveðið var að fara út í raforkuframleiðslu með gufuafli við Kröflu, var gert ráð fyrir að meðalafli borholu mundi verða 5 MW og bora þyrfti 15 holur til að standa undir 60 MW framleiðslu. Þetta fór nú á annan veg. Vorið 1975 hófust vinnsluboranir og voru þá boraðar þrjár holur í Leirbotnasvæðið og lofuðu þær góðu að því leyti sem tilefni gaf til. Fyrsta holan flokkaðist sem meðalhola. Önnur holan varð svo aflmikil að henni héldu engin bönd. Hún sprengdi af sér allan toppútbúnað og þóttust menn góðir að bjarga bortækinu litið skemmdu. Þriðja holan þetta ár var ekki fullkláruð, þar sem ekki þótti ráðlegt að halda áfram með þeim útbúnaði sem fyrir hendi var.

Skömmu eftir að gufuöflun hófst varð vart við skjálftavirkni á Kröflusvæðinu. Hún jókst stöðugt og náði hámarki í árslok með eldgosi norðan í Leirhnjúki. Þar með var hafið langvarandi umbrotatímabil á sprungusveimnum, sem liggur í gegnum Kröflueldstöðina. Meginvirknin var og er á svæðinu undir Leirhnjúk, sem er um 2 km norðvestur af stöðvarhúsi Kröfluvirkjunar. Í upphafi eldsumbrotanna spýttust kvikugös inn í jarðhitakerfið og menguðu hluta þess. Það takmarkaði síðar meir mjög vinnslusvæði virkjunarinnar. Þetta olli því m.a. að ekki var hægt að nýta Leirbotnasvæðið sem skyldi um ófyrirséðan tíma. Ennfremur gerði það kröfur til þess að gufuöflun færi fram á þeim svæðum þar sem kvikumengunar hefði ekki orðið vart. Fyrir valinu urðu Suðurhlíðar Kröflu og Hvíthólasvæðið.

Kröfluvirkjun nýtir gufu af 2 þremur vinnslusvæðum; Leirbotnum ($2-3$ km²), Suðurhlíðum ($1-1,5$ km²) og Hvíthólum ($0,3$ km²). Svæðin eru mjög ólík að stærð, vinnslueiginleikum og vinnslugetu. Efrihluti jarðhitakerfisins á Leirbotnasvæðinu, þ.e. niður á 1000 m dýpi er með hita um 200 °C, en þar fyrir neðan er hiti við suðumark, þ.e. um 300 °C á 1100 m dýpi og 340 °C á um 2000 m dýpi. Þessu er hins vegar öfugt farið á Hvíthólasvæðinu. Þar fylgir hiti suðumarki frá yfirborði niður á 700-800 m dýpi og mælist t.d. um 260 °C á 600 m dýpi. Dýpra í kerfinu er hins vegar viðsnúinn hitaferill, þ.e. hiti lækkar með dýpi. Taka þarf sérstaklega tillit til ofangreindra þátta þegar borholur eru hannaðar enda eru þær mikil mannvirki. Á árunum 1981-1983 voru gerðir líkanreikningar af vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar í Leirbotnum og Suðurhlíðum á vegum Kröfluvirkjunar og Orkustofnunar. Þar var gert ráð fyrir 1000 m þykku vatnskerfi í báðum vinnslusvæðun-

um. Stærð svæðanna var hins vegar áætluð 0,7 km² fyrir Leirbotna og 0,5 km² fyrir Suðurhlíðar. Niðurstöður líkanreikninganna voru á þá leið, að Leirbotnasvæðið stendur undir 30 MW framleiðslu í 30 ár og Suðurhlíðasvæðið 20 MW í 30 ár. Aflhnignun var metin 2-5% á ári í borholum, sökum þrýstilækkunar í jarðhitakerfinu vegna vinnslu.

Ef hvert vinnslusvæði er tekið útaf fyrir sig og vinnslugeta þess metin út frá fenginni reynslu, þá má gera ráð fyrir eftirfarandi: Hvíthólar er lítið svæði og ekki líklegt að það standi undir mikið meiri vinnslu en þar fer fram í dag (10 MW). Ekki hefur mælt þar marktæk aflhnignun.

Í Suðurhlíðum hafa verið boraðar 6 holur, en ein þeirra, hola KJ-18 lenti í raun austan við svæðið, og er því ekki tekin hér með. Í byrjun var meðalaflið um 7,3 kg/s af háþrýstigufu, en eftir þriggja ára blástur var meðalafli um 6 kg/s. Það er lítið eitt meiri aflhnignun en líkanreikningar gafu til kynna.

Leirbotnasvæðinu var ætlað í upphafi að standa undir gufuöflun fyrir 60 MW framleiðslu, en áhrif eldsumbrotanna höfðu þar mikil áhrif á jarðhitasvæðið til hins verra. Þar hafa verið boraðar 15 holur og þar af tvær rannsóknarholur 1974. Aflhnignun er stærðargráðu meiri en líkanreikningar gerðu ráð fyrir. Helstu ástæður fyrir svo mikilli hnignun voru útfellingamyndun og skemmdir á fóðurrörum. Hvort tveggja má tengja innspýtingu kvikugasa í jarðhitakerfið. Annars vegar örvaði gasið útfellingamyndun í holunum, hins vegar varð borholuvökvinn mjög tærandi og eyðilagði fóðringar. Á þessum tímum áttu sér stað miklar tæknilegar framfarir við steypingu fóðringa hér á landi og má vafalaust tengja sumar fóðringaskemmdir til vanbúnaðar á þessu sviði áður fyrr.

Margt bendir til þess að erfiðleikatímabilið sé að baki og að hjartara útlit sé framundan. Sé tekið mið af breytingum gasstyrks í gufu, sem orðið hefur á Leirbotnasvæðinu frá 1977 og fram að þessum tíma, sést að hámarks-gasstyrkur í gufu var mældur 1979, en síðan hefur hann stöðugt minnkað. Samkvæmt hitastigi ætti eðlilegur gasstyrkur í gufu úr kerfinu að vera um 2-3%.

Ef engar óvæntar breytingar verða frá því sem nú er, þá má telja líklegt að upphaflegt virkjunarsvæði Kröfluvirkjunar, sem kennt er við Leirbotna, sé virkjunarhæft á ný.

Kröfluvirkjun stendur á tímamótum í dag að minnsta kosti að tvennu leyti: Náðst hefur nægt afl fyrir fyrri vélasamstæðuna og í öðru lagi er þetta olnbogabarn orkugeirans líklega að eignast foreldri og er það vel.

Rannsóknarverkefnið fyrir Kröfluvirkjun í framtíðinni eru tvíþætt:

(i)...Rekstrareftirlit með vinnslusvæði virkjunarinnar, sem innifelur eftirtalin atriði:

- a)...Efnifræðilegar rannsóknir á jarðvökva og gufugæðum.
- b)...Þrýsti- og hitamælingar í borholum ásamt rannsóknum á útfellingarhættu eða orsökum þeirra.
- c)...Aflmælingar á borholum til athugunar á breytilegri rennslishegðun.
- d)...Athugun yfirborðsbreytinga eins og til dæmis hitaskella, sprungna og jarðsigs samfara orkutöku úr svæðinu.
- e)...Samfelld skráning vinnslugagna, til mats á viðbrögðum svæðisins og einstakra borhola við nýtingu.
- f)...Tölvukeyrsla tölfraðilegs reiknilíkans af jarðhitasvæðinu með reglulegu millibili og túlkun hennar til að meta getu þess og eðlisbreytingar tengdar orkutöku.

(ii)...Rannsóknir tengdar frekari gufuöflun fyrir virkjunina bæði til viðhalds núverandi orkupörf og til öflunar gufu fyrir seinni vélasamstæðu virkjunarinnar, þegar þess verður þörf. Þessar rannsóknir innifela:

- a)...Yfirborðsrannsóknir til að auðvelda markvissa staðsetningu borhola.
- b)...Rannsóknir og mælingar á borholum meðan á borun þeirra stendur til að tryggja auðveldari borun og tæknilega betri holufrágang. Söfnun jarðvísindalegra gagna sem að notum koma við staðsetningu næstu borhola, til markvissari túlkunar niðurstaða yfirborðsmælinga og til að gera sér marktækt líkan af jarðhitasvæðinu í heild sinni.
- c)...Mælingar og rannsóknir á holum að borun lokinni til að safna upplýsingum um væntanlega getu holunnar og eiginleika svæðisins í næstu nánd við holuna.

Einar sýndi þrjár myndir er gefa til kynna kostnað og umfang framkvæmda á næstu tíu árum við Kröfluvirkjun. Fyrsta myndin fjallar um framkvæmdir, sem miðast við að eingöngu verði gufu aflað til viðhalds gufupörf fyrir 30 MW(e) afl. Önnur myndin gerir ráð fyrir að seinni vélasamstæðan verði sett upp. Í báðum tilfellum eru eftirtaldir kostnaðarþættir gefnir: Borunarkostnaður, kostnaður rekstrar-rannsókna, nýrannsókna og borrarannsókna. Síðasta myndin gefur áætlaðan kostnað við borun, viðgerðir og rannsóknir þar að lútandi. Er þar um fernt að ræða: Borun beinnar 2000 m holu, stefnuborun 2000 m holu, borun viðrar og beinnar 1200 m holu og viðgerð/endurvinnsla áður boraðrar holu.

Eftirfarandi tafla gerir samanburð á umfangi framkvæmda, ársverkum til rannsókna og áætluðum kostnaði við þær þrjár leiðir sem fram eru settar hér að framan:

	Leið 1.	Leið 2.	Leið 3.
	Viðh.borun eingöngu.	Gufuöflun Vél 2 ekki sett upp	Gufuöflun Vél 2 sett upp
Kostnaður Mkr.:			
Borun	165,6	195,6	420,6
Rekstrarranns.	20,0	21,0	21,0
Borranns.	17,1	25,4	57,5
Nýranns.	3,0	5,0	8,0
Samtals	205,7	247,0	507,1
Frankvæmdamagn holufj.:			
Viðgerðir	2	2	2
Nýboranir	4	5	11
Samtals	6	7	13
Ársverk í rannsóknir:			
Rekstrarranns	20	21	21
Borranns.	6	7	13
Nýranns.	1	2	3
Samtals	27	30	37

Forsendur dvínunar á gufumagni frá vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar eru:

- Dvínun jarðhitasvæðisins í næsta nágrenni vinnsluholanna er metin 2-5% á ári, sem samsvarar í gufumagni u.þ.b. 2,5 kg/s.
- Dvínun gufuaðstreymis til virkjunar sökum úreltingar vinnsluholanna sjálfra er álitin nema u.þ.b. 2% heildarmagns sem samsvarar 1,5 kg/s.

Framangreind heildardvínun gufuaðstreymis hefur í för með sér viðhaldsboranir, sem nema að meðaltali einni meðalvinnsluholu annað hvert ár til að viðhalda óbreyttu afli frá virkjun að viðbættum u.þ.b. 15% gufuparfarar vélasamstæðunnar. Viðbótarmagn þetta er nauðsynlegt til að tryggja nær óbreytt afl frá virkjun, þótt einhver ein meðalvinnsluhola detti út af óviðráðanlegum orsökum.

Mikilvægt ákvörðunaratriði varðandi gufuöflun í Kröflu er hvort stefna beri að uppsetningu síðari vélasamstæðunnar. Sú þekking sem nú er

fyrir hendi um Kröflusvæðið segir að nægjanleg orka sé í vinnslusvæðinu til að tvöfalda vinnsluna. Einkum er það Leirbotnasvæðið sem er vannýtt, en einnig má benda á svæðið austan Hveragils í vesturhlíðum Kröflu. Á Leirbotnasvæðinu er það norðurhlutinn sem athyglin beinist helst að. Þar hafa verið boraðar öflugustu holurnar á Kröflusvæðinu, holur KG-4 og KG-10. Afl holu KG-10 var til dæmis um 10 MW strax eftir að hún fór í blástur. Skynsamlegasta framhaldið er að gera við (og/eða hreinsa) borholur KG-10 og KJ-13 á Leirbotnasvæðinu, en endurvinnsla þessara tveggja hola vikkar vinnsluhæft jarðhitasvæði virkjunarinnar.

Þá gerði Einar samanburð á umfangi framkvæmda, ársverkum til rannsókna og áætluðum kostnaði við þær þrjár leiðir sem settar voru upp í töflunni á bls. 29.

-Eldsumbrotahætta hefur vissulega áhrif á tímasetningu og röðun framangreindra framkvæmda. Sérstaklega hefur þó uppkoma hrauns sunnarlega á sprungusveimnum og aukin hætta á hraunrennsli niður í Hlíðardalinn áhrif á staðsetningu næstu borhola, óháð því hver framangreindra leiða verður valin. Aðgerðir á borholum KG-10 og KJ-13, strax á árinu 1986, verða því ennþá mikilvægari þar sem þær auka möguleikana á að staðsetja borholur utan áhrifasvæðis eldvirkinnar.

Sú tímasetning og sá hraði framkvæmda til öflunar gufu fyrir síðari velasamstæðu Kröfluvirkjunar, sem hér er lagður til, er aðeins einn af mörgum mögulegum. Markaðsstaða og orkuþörf landskerfisins skipta þar miklu máli. Strax að loknum aðgerðunum á holum KG-10 og KJ-13 fást mikilvægar upplýsingar, er varða framtíðarmöguleika orkuöflunar á Kröflusvæðinu og opna um leið möguleika til sveigjanleika í framkvæmdum sérstaklega hvað varðar tímasetningu og hraða.

Afgangsorka frá Kröfluvirkjun í dag, í formi heits vatns, er umtalsverð og samsvarar í orkuinnihaldi sem næst helmingi orkuþarfar Akureyrarbæjar eins og hún er nú. Orkan er þessi:

- (1) Afgangsvatn frá skiljustöð í Leirbotnum, er nemur 25 - 35 kg/sek af 110 heitu vatni.
- (2) Afgangsvatn frá eftirkæli gastækikerfis, sem nemur 25 - 30 kg/sek af 60 heitu vatni.
- (3) Afgangsvatn frá Hvíthólasvæði, en það nemur 35 - 40 kg/sek af 160 heitu vatni.

Orku þessa má nýta á tvo vegu, þ.e. með niðurdælingu í jarðhitasvæðið eða nýtingu á yfirborði til iðnaðar, t.d. upphitunar gróðurhúsa og/eða fiskiræktar. Fyrri möguleikinn nýtist virkjuninni beint með því að draga úr áhrifum orkutökunnar úr svæðinu og sá síðari gæti orðið henni tekjulind í formi orkusölu.

UMRÆÐUR EFTIR HÁHITAFUND

Guðmundur Pálmason opnaði umræðurnar með spurningu um á hvaða hátt eða á hvaða formi gera skyldi áætlun um nýtingu háhitasvæða. Ætti Orkustofnun að gera hana ein sér eða hafa samvinnu við fleiri. Hið síðarnefnda gæti jafnvel verið heppilegra.

Jakob Björnsson tók til máls og sagði að Guðmundur Gunnarsson hefði m.a. sagt að lágt gufuverð væri ekki forsenda fyrir notkun en kostur...

Spurning: hvaða forsendur aðrar en gufuverð höfum við hérlendis?

Jakob kvað Hallgrím Jónasson hafa sýnt í glæru dýrar vörur...

Spurning: hvernig horfir með verðlag í framtíðinni?

Að auki sagði Jakob að Jónas Matthíasson hefði lýst hvernig áform um fiskeldi skiptust í tvö horn, þ.e. fiskeldi í smaum stíl eða þá stórgróðasjónarmið, svipað eins og með happadrættið, en menn ætluðust til þess að Range Roverinn stæði fyrir utan morgunin eftir drátt. Tölur hans voru ekki uppörvandi

Spurning: hvernig horfir málið við ef talsvert stærri stöð yrði reist, yrði það ekki mun hagkvæmara?

Ef svo væri mætti vel hugsa sér að slíkt fyrirtæki yrði styrkt, ef það reyndist hagkvæmt þegar það væri komið á laggirnar.

Jakob Björnsson tók undir orð Guðmundar Pálmasonar um háhitaáætlunina.

SVÖR :

Guðmundur Gunnarsson sagði laun á Íslandi mjög lág og að aðrir ókostir væru ekki meiri hér en annarsstaðar. Auk þess nefndi hann að varðandi zeolíta væri hráefnið innlent þ e. perlusteinn og vikur.

Hallgrímur Jónasson sagði að laun hérlendis væru einungis um helmingur þess sem þekktist í Bandaríkjunum, Ísland væri, þó menn vildu ekki ræða um það, láglaunasvæði Um verðlag nefndi hann að fá mætti 1000 til 2000\$/tonn (títan-hvíta, jærnoxíð og ni-duft) fyrir þessar vel þekktu tegundir, en mun meiri óvissa væri um aðrar sjaldgæfari tegundir, en nefndi sem dæmi 10-20\$ pr. pund og jafnvel meira, en jafnframt að hér væri um mun minna magn að ræða.

Jónas Matthíasson kvað, eins og fram hefði komið í erindinu, stærð fiskeldisstöðvar mjög koma inn í myndina Auk þess mætti í því sambandi nefna fóðurverð, þ.e. magnafslátt á fóðurkaupum, og

einnig að fjármagnsgjöld væru inni í dæminu eins og hann sýndi það, en heimildarákvæði væri fyrir því að fella mætti niður tolla og söluskatt af fjárfestingarvörum. Þau gætu numið um 15-20% af stofnkostnaði, hvernig svo sem þau mál færu. Að auki ítrekaði hann að afurðaverð væri mjög hátt og sér þætti ótrúlegt að það héldist. Að lokum benti hann á að mismunur kostnaðar og söluverðs (tvær stórar tölur) væri mjög lítil, og því mætti lítið útaf bregða.

Næstur tók Páll Flygenring til máls og þakkaði fyrir hönd Iðnaðar- ráðuneytisins Hann kvað mörg línurita Jóhannesar Zoega um þróun hitaveitunnar og um uppsetningu 450 MW jarðvarmavirkjunar á Nesjavöllum áhugaverða og beindi til hans nokkrum spurningum:

- 1) Hversu lengi dugar það sem til er?
- 2) Hefur verið athugað með orkusparnað, að hvetja til meiri einangrunar o fl. þess háttar?
- 3) Hvað með hækkun gjaldskrár?
- 4) Er það rétt að samspil raforku og jarðvarma lækki jarðvarmann?

Að auki spurði hann Albert Albertsson hvort orðið KÍSL væri löglegt.

SVÖR :

Fyrstur varð Jóhannes Zoega fyrir svörum og sagði að miðað við óbreytt ástand að halda afli og með því að stækka miðlunarrými mikið og síkka dælur væri alveg í jánnum að það nægði að Nesjavallavirkjun kæmi inn eftir 5 ár. Það gæti orðið kalt í kulda-köstum. Auk þess fara 50 Mkr á ári bara í að halda í horfinu. Verkfræðistofan Vatnaskil er að gera úttekt á vatna- og varma- búskap á höfuðborgarsvæðinu. Þegar er lokið við Elliðaársvæðið og verið er að vinna að þessu fyrir Mosfellssveitarsvæðið. Fyrstu niðurstöður leyfa ekki bjartsýni með Mosfellssveitarsvæðið; það virðist nú þegar ofkeyrt um 15-20% og það þyrfti enn að auka þessa yfirkeyrslu. Ástandið verður sérstaklega kvíðvænlegt eftir 2-3 ár.

Um orkusparnað sagði Jóhannes að þetta væri óvinnandi vegur, þegar orkan kostar ekki neitt. Sparnaðarmöguleikar eru yfirleitt of- taldir. Fyrir tilkomu nýju byggingarreglugerðarinnar var veruleg yfireinangrun mjög algeng. Einangrun húsa er orðinn það mikil að önnur áhrif eru farin að hafa meira að segja. Kröfur nútímans um loftræstingu og umskiptingu lofts í íbúðarhúsum svara til um 60-65% af hitakostnaði við að hita hús. Lausnin hlýtur að liggja í að nýta vatnið betur. Misjöfn dreifingarkerfi nota upp í fjórum sinnum meira vatn.

Að lokum sagði Jóhannes að aðalverkefni hitaveitunnar væri að hita

upp húsin, líta yrði á markaðsverð raforku á hverjum tíma.

Albert Albertsson vísaði orðinu KÍSL til Iðntæknistofnunar, en þar kemur orðið fyrst fram og vísaði Albert til nokkurra orðasambanda þaðan.

Að auki nefndi hann að á Suðurnesjum væri sorpbræðsla sem skilaði af sér um 2 MW af varma, tilsvareandi tala fyrir Reykjavík gæti verið um 200 MW. "Væri ekki hægt að nýta þetta?" spurði Albert.

Næstur tók Gísli Júlíusson til máls og gerði spá hitaveitunnar um hita í Reykjavík að umtalsefni. Hann sagði að raforkuspáin hefði hljóðað upp á 7% aukningu á ári síðustu 30 til 40 ár, en hefði nú snarbreyst. Hann varpaði fram þeirri spurningu hvort spá hitaveitunnar væri of há. Hann sagði auk þess að varmadælur kæmu ekki til greina því vatnið væri svo ódýrt. Hann vildi einnig vekja á því athygli að fiskeldi gæti tæpast talist búgrein þar sem allt fóður væri innflutt, en það væri um þriðjungur af rekstrarkostnaði við eldið. Einnig rifjaði hann upp þann gamla sannleik, að Íslendingar til forna hefðu ræktað korn til bruggunar, svo þeir þurftu ekki að sækja það til Noregs, gætum við ekki farið að

Næstur tók Gunnlaugur Jónsson til máls og þakkaði Jóhannesi hið lága heitavatnsverð í Reykjavík. Hann kvað ljóst að vatnsspáin stæðist, en raforkuspáin ekki enda hefði raforkuverð verið stórhækkað. Að auki benti hann á að forsenda þess að koma upp íslenskum iðnaði væri að innlend orka fengist á viðráðanlegu verði.

Næstur tók Jakob Björnsson til máls og spurði Jónas Matthíasson um forsendur þess að nýta jarðhita til fiskeldis, um vaxtarhraða, dælingu og fleira sem fall af hita og spurði hvað væri þekkt í þessu og hvað ekki. Hann kvað menn geta hálsbrotnað á þessum hraða.

SVAR :

Jónas Matthíasson kvað áhrif hitastigs á laxfiska þekkt í smáfiski, en ekki fyrir stóra fiska og ýmislegt annað er þá einnig farið að hafa áhrif, svo sem sól o.fl. Þó væri vitað að ef hiti færi niður fyrir 5°C stórminnkaði vaxtarhraðinn, en ekki væri vitað hvernig vaxtarhraðinn breyttist fyrir hverja gráðu yfir 10°C. Þetta þarf að rannsaka. Hann kvað kapp best með forsjá.

Næstur tók til máls Axel Björnsson og þakkaði erindin. Hann kvaðst

hafa heyrt Jakob Björnsson og Ásgrím Guðmundsson kýtast um það um hvað ráðstefnan væri. Helst væri þó á þeim að skilja að hún væri um hagnýtingu, vinnslu og rekstur háhita. Lítið væri minnst á rannsóknir á háhitasvæðum. Hann minnti á, að allt byggðist þó á því að finna jarðhitann og afla hans og lághitans. Nefnd sem finna hefði átt lausn á vanda hitaveitna hefði einungis seð peningahlið málanna. En aðalvandi hitaveitna væri vatnsskortur. Hann kvað áætlanir vel skilgreindar, þrep fyrir þrep.

Í sambandi við endurskoðun háhitaáætlunar talaði Jakob Björnsson um 5 ára áætlun. En það væri langt rannsóknarstig á undan borunum, 5 til 10 ár eða meira, sem passaði illa í 5 ára plan. Ef bora ætti án forrannsókna væri tekin meiri áhætta og það yrði mun dýrara þar sem það krefðist fleiri borhola. Þessi áætlun stæðist fyrir Reykjanes, Eldvörp og Svartsengi og hugsanlega Nesjavelli, en ekki fyrir Trölladyngju og Krísuvík og því síður fyrir önnur svæði. Kostnaður við forrannsóknir væri þó einungis lítið brot af borkostnaði, um tíundi hluta af holuverði á ári, og sparaði þriðju til fjórðu hverja holu.

Næstur tók Einar Tjörvi til máls og kvað það örþrífarað að stýra sparnaði og rekstri með hækkun gjaldskrár. Betra væri að nýta orkuna betur með fjölnýtingu, varmadælu, rafkerfi o.fl. Hann sagði að skipta mætti rannsóknum í tvo flokka, forrannsóknir sem tækju langan tíma, 10 til 15 ár, og aðrar rannsóknir eftir að borun hæfist, um 5 ár.

Næstur tók Þóroddur Th. Sigurðsson til máls og þakkaði umræðuna. Hann kvað Axel hafa talað um frumrannsóknir en hann vildi nefna hinn endann markaðsrannsóknir, kostnað vinnsluferla og markað. Hverjir vilja kaupa? Hann kvartaði undan því að nefndir frá stjórn settu skammtímasjónarmið á oddinn, vildu fá árangur strax. Þegar hann var í slíkri nefnd kvað hann verkefni hafa verið fá. Mjög skorti á rannsókn á vörum og mætti læra mikið af Japönnum. Athuga þyrfti hverjir nýttu gufu, einnig orkukostnað, nýtingarprósessa, mengun o. fl. Hann nefndi verksmiðju í Svíþjóð, sem lokað hafði verið vegna mengunar. Sérstaklega þyrfti að athuga hvað hægt væri að framleiða, hver gæti framleitt það og hver vildi kaupa. Hann sagði að tölvubankar gætu komið að notum í þessu. Að lokum minnti hann á að í Eldvörpum og á Reykjanesi væri til gufa, "en í hvað á að nýta hana?"

Næstur tók Ásgrímur Guðmundsson til máls vegna ummæla Axels um umræðu hans og Jakobs Björnssonar um rannsóknarþáttinn. Í stuttu erindi, 10 til 15 mínútna væri erfitt að velja um hvað skyldi fjallað. Gufa væri áþreifanlegur hlutur. Verið væri að fara aftur inn á rannsakað svæði. Rannsóknir beindust fyrst og fremst að staðsetningu nýrra borhola.

Kröflusvæðið væri best rannsakað allra háhitasvæða og mætti alls ekki gera lítið úr þeim rannsóknum sem þar hefðu verið gerðar.

Næstur tók Jónas Elíasson til máls og þakkaði fundarmönnum. Hann kvað háhita hafa verið mjög til umræðu á ýmsum stöðum á undanförunum mánuðum og hefði ýmislegt skýrst. Hann sagði að það blasti við, að aflið væri nægilegt eins og í Rolls Royce. Menn yrðu að gera sér grein fyrir því að nýting væri í samkeppni við aðrar þjóðir, jafnvel húshitun. Á mörgum stöðum gengur þessi samkeppni ekki vel. Það þyrfti að byggja upp heimamarkað til að styðja við bakið á nýiðnaði, varla kæmi þetta eins og með ÍSAL. Núverandi nýting væri aðallega í húshitun og raforku, þ.e. ódýr raforka í litlum mæli. Samkeppni hitaveitna og gufuveitna og iðnaðar kæmi til með að tengjast, sbr. hugmyndir Alberts Albertssonar um Svartsengi. Leggja yrði áherslu á góðar samgöngur, t.d. veg til Nesjavalla. Flytja þyrfti rannsóknir yfir á hagkvæmni og samtengja raforku og jarðvarma, sem aftur hefði áhrif á tímasetningu virkjana, og byggja þannig upp heimamarkað.

Næstur tók Hallgrímur Jónasson til máls vegna umræðu Þórodds Th. Sigurðssonar um markaðsnálgun. Sagði hann að Iðntæknistofnun hefði skoðað þetta lítillega, t.d. liti þetta best út með títan díoxíð; vöxtur markaðar væri um 2 til 3% á ári og það væri pláss fyrir 50-70.000 tonn á ári. Tvö ferli væru í gangi og lagt væri til að við skoðuðum nánar hið orkufrekara. Meginvandinn væri að fá fram fjármagn frá skammsýnum pólitíkusum. Í tengslum við olíuhreinsistöð sagði hann að skoða þyrfti háhita í sambandi við lífræn ferli. Að lokum spurði hann hvað mætti taka mikinn varma af Reykjanesskaga.

Næstur tók til máls Jakob Björnsson og endursýndi vegna fyrirspurnar Hallgríms töflu yfir orku nokkurra háhitasvæða. Hann áætlaði að taka mætti um 1500 tonn af gufu á ári eða um 7 PJ á ári. Til að átta sig aðeins á tölunum sagði hann að 20 PJ nýttust í að framleiða 6000 tonn af súráli eða 200 MW hitaveitu eða fiskeldisstöð af tiltekinni stærð. Hann var sammála Axel Björnssyni um að rannsókn háhita væri þegar skilgreind, og sagði að forrannsóknir væru vel á veg komnar. Ef jákvætt svar fengist fyrir öllum tillögum, sem nefndar hafa verið hér, verður allt fullnýtt um 1990 og þá er góður tími til að rannsaka. Hann lagði á það áherslu að svæði þyrfti að liggja vel, m.a. stutt frá þéttbýli, sjó og fleira. Hann sagði að Rolls Royce þekkti sitt, það þyrfti ekki að hringja í einn eða neinn til að staðfesta afl. Samrekstur, eins og Einar Tjörvi nefndi, er áhugaverður og skoðun á viðbrögðum við breytilegri vinnslu o fl. æskileg. Hann nefndi að margt þyrfti að skoða; hönnun mannvirkja, samhæfingu raf-

orku og varma í hitaveitum og jafnvel að bæta raforku við síðar, eftir því sem passar í tíma. Hann kvaðst sammála því að ekki mætti gleyma forrannsóknum, en hafa yrði hliðsjón af markaði. Eins og Þóroddur hefði komið inná með markaðsrannsóknir, væri markaður ekki fyrirfram gefinn. Þó að við framleiddum fisk væri ekki þar með sagt að útlendingar vildu kaupa hann. Svona gengi þetta ekki fyrir sig og því yrði að gera átak.

Næstur tók til máls Valgarður Stefánsson og sagðist vilja koma með eina til tvær athugasemdir. Hann kvað Jónas Elíasson hafa rétt um heimamarkað, en húshitun væri einmitt heimamarkaður. Það vildi oft gleymast hversu mikilvægur hann væri, um 23 PJ á ári eða um 2300 GWh/ári sem samsvaraði um hálfri raforkunotkun á Íslandi í dag; húshitunarmarkaðurinn væri ekki lítill. Notkun jarðvarma væri ekki bundin við ný framleiðsluferli, vel mætti nýta eldri vel þekkt orkuferli. Hann kvað Jakob Björnsson gefa vissa nýtingarmöguleika á vissum svæðum, en með því fengjum við ekki að velja milli virkjunarkosta, eins og í vatnsaflsvirkjunum, þar væri val. Þetta ætti ekki að binda fyrirfram. Að lokum nefndi hann að virkjun Hitaveitu Reykjavíkur á Nesjavöllum þyrfti ekki nauðsynlega að vera besti kosturinn til að nýta háhita til húshitunar á höfuðborgarsvæðinu.

Með þessu lokaði fundarstjóri, Guðmundur Pálmason, umræðunum og sagði að mikið hefði verið rétt um nýtingu jarðvarma og væri það mjög gagnlegt.

Páll Flygenring kom með smáskot og sagði að leiðrétta þyrfti orkuverðið, hækka það fyrst til þess að geta lækkað það aftur. Fyrir hönd Iðnaðarráðuneytisins þakkaði hann fyrir fundinn og framsöguerindi, þetta hefði verið upplýsingafundur, og SLEIT FUNDI.