

RANNSÓKNARÁÐ RÍKISINS
ORKUSTOFNUN

**ÁBENDINGAR
UM
ÞRÓUN ORKUGEIRANS**

Skýrsla frá umræðufundum
um orkurannsóknir
10. – 21. janúar 1977

VERKFRÆDISTOFA
Vilhjalms Lúðvíkssonar

Október 1978

R.r. 5 – '78 OS-JHD-7859/ROD-7834

**ÁBENDINGAR
UM
ÞRÓUN ORKUGEIRANS**

Skýrsla frá umræðufundum
um orkurannsóknir
10. – 21. janúar 1977

**VERKFRÆDISTOFA
Vilhjalms Lúðvíkssonar**

Október 1978

R.r. 5 – '78

OS-JHD-7859/ROD-7834

EFNISYFIRLIT

	<u>Bls.</u>
FORMÁLI	5
1. INNGANGUR	7
2. MEGINVIÐHORF Í ORKUMÁLUM	9
3. STEFNUMÓTUN	12
4. STARFSHÆTTIR - SKIPULAG - ÁKVARÐANIR	14
5. ORKUNÝTING	19
5.1 Orkubúskaparrannsóknir	19
5.2 Verðlagning raforku	21
5.3 Nýtingarleiðir	22
6. ORKUTÆKNI - ORKURANNSÓKNIR	26
6.1 Orkugjafar	26
6.2 Vatnsorkuvinnsla	26
6.3 Jarðvarmavinnsla	26
6.4 Varmatækni - varmafræði	28
6.5 Þekkingaröflun - þekkingarmiðlun	29
7. MEGINNIÐURSTÖÐUR	30

FORMÁLI

Á undanförunum árum hefur á vegum Rannsóknaráðs ríkisins verið unnið að gerð langtímaáætlunar um rannsókn- og þróunarstarfsemina í landinu. Vorið 1978 kom út langtímaáætlun ráðsins, sem náði til rannsókn- starfsemi í þágu sjávarútvegs, þ.e. fiskveiða og fiskiðnaðar, landbúnaðar, iðnaðar og byggingariðnaðar, en á þessum sviðum eru starfandi rannsóknastofnanir, sem kenndar eru við þessa atvinnuvegi. Í áætluninni eru gerðar tillögur um starfshætti, viðfangsefni og mannafla og fjármagn, sem skuli varið til þessara stofnana á næstu árum.

Í framhaldi af þessu starfi ákvað framkvæmda- nefnd Rannsóknaráðs ríkisins að setja af stað könnun á öðrum þýðingarmiklum rannsókn- og þróunarsviðum, sem unnið er að hér á landi. Var þá fyrst fyrir valinu orkugeirinn, sem er sá þáttur þjóðfélagsstarfsemi sem hvað mest er til umræðu um þessar mundir, annars vegar vegna örtra breytinga í orkumálum um allan heim og hins vegar vegna þeirra sérstöku innlendu aðstæðna, sem skapast af þeirri gnægð vatnsorku og jarðvarma, sem Íslendingar búa við. Jafnhliða því sem unnið er að gerð spáa um orkunotkun og mótuð stefna um virkjanir, dreifingu orku og skipulag orkumála, er nauðsynlegt að skoða hinar almennu þróunarforsendur, vandamál og tækifæri orkusviðsins í breiðum skilningi og kanna með hvaða hætti rannsókn- og þróunarstarfsemi í landinu geti komið að notum við umfjöllun um þau mál.

Til að hefja athugun á þróun orkugeirans var efnt til fundarsýrpu um orkurannsóknir í ársbyrjun 1977, þar sem teknir voru til umræðu nokkrir meginþættir orkumála og kvaddir til fjöldi einstaklinga

til þess að koma fram með ábendingar og sjónarmið þar að lútandi. Að fundum þessum stóðu Rannsóknaráð ríkisins og Orkustofnun sameiginlega. Þessi bæklingur greinir frá helstu atriðum, sem fram komu á þessum fundum og eru þar dregnar saman upplýsingar úr yfir 800 staðhæfingum, ábendingum, tillögum og hugmyndum, sem fram komu á fundunum og um hina ýmsu þætti orkumála. Má telja líklegt að þar sé fjallað um flest þau atriði sem taka þarf tillit til við nánari umfjöllun um þróunarforsendur og horfur á hinum ýmsu sviðum orkumála. Er ætlunin að vísa þessum upplýsingum til starfshóps, sem Rannsóknaráð ríkisins hefur hug á að setja á fót til að fjalla nánar um þróun orkugeirans með hliðsjón af þörfinni fyrir rannsóknir og þróunarstarfsemi á því sviði.

Það skal að lokum tekið fram að skýrsla þessi er ekki álitstgerð eða staðfestar niðurstöður umræddrar fundarsýrpu, heldur fyrst og fremst samantekt atriða, sem fram komu á fundinum og ástæða þykir til að hafa til hliðsjónar við nánari umfjöllun um þetta mikilvæga svið þjóðmála. Rannsóknaráð ríkisins og Orkustofnun hafa ekki tekið efnislega afstöðu til þeirra atriða sem fram koma í skýrslunni og ber því ekki að líta svo á að það séu sjónarmið þessara stofnana sem fram koma í skýrslunni.

Október 1978

Vilhjálmur Lúðvíksson

1. INNGANGUR

Á undanförunum árum hefur Rannsóknaráð ríkisins unnið að langtímaáætlun um þróun rannsóknastarfsemi í þágu atvinnuveganna. Hefur sú áætlanagerð miðast fyrst og fremst við rannsóknir í þágu eftirtalinna megingreina:

Fiskveiða
Fiskvinnslu
Landbúnaðar
Byggingariðnaðar
Iðnaðar

Þáttur í áætlunargerðinni hefur verið samning álitsgerðar kunnugra manna á hverju sviði um stöðu og þróunarhorfur í viðkomandi grein.

Vegna mikilvægis orkumálanna og þeirra miklu umræðu um þau, sem staðið hefur að undanförunu, hefur framkvæmdanefnd Rannsóknaráðs talið æskilegt að gera hliðstæða úttekt á stöðu og horfum í orku- iðnaðinum og tengslum hans við atvinnulega og félagslega þróun í landinu og leggja síðan fram áætlun um rannsóknir í þágu hans á næstu árum. Vegna mikils kostnaðar við störf starfshópa og vegna tímaskorts var að svo stöddu ekki talið gerlegt að láta orkumálin fá hliðstæða meðferð og hina atvinnuvegina eða gera áætlun um orkutengdar rannsóknir.

Til að gera málinu þó nokkur skil og undirbúa áætlanagerð síðar var í samvinnu Orkustofnunar og Rannsóknaráðs ríkisins gengist fyrir fundasýrpu um orkurannsóknir, sem fram fór dagana 10. - 21. janúar, 1977. Voru þar ræddir 7 valdir þættir orkumála og boðið sérstaklega nokkrum einstaklingum til að fjalla um hvern þátt. Um-

ræður fóru fram með "brain storming" sniði, með það fyrir augum að fá frjálslegar og óbundnar skoðanir fram í formi

staðhæfinga
ábendinga
tillagna
og hugmynda

Ætlast var til, að rökstuðningur þyrfti ekki að vera ítarlegur og að ekki yrði endilega komist til botns í álita- og ágreiningsmálum, sem upp kæmu. Í fundarskýrslum er því að finna ýmsar vafasamar og mótsagnakenndar staðhæfingar, sem kanna þyrfti nánar og meta áður en afstaða er tekin til þeirra.

Í fundunum tóku þátt rúmlega 90 einstaklingar og að lokinni frumúrvinnslu fengust 820 staðhæfingar, ábendingar, tillögur og hugmyndir um hina ýmsu þætti orkumála. Viðfangsefni fundanna 7 voru eftirfarandi:

1. Vatnsorkurannsóknir
2. Jarðvarmarannsóknir
3. Vinnslutækni jarðvarma
4. Orkubúskaparrannsóknir
5. Aðhæfing framleiðsluferla
6. Nýjar greinar orkutengds iðnaðar
7. Staðarval og ákvarðanataka

Þar sem fundarmenn voru allir nákunnugir eða sérfræðingar á þeim sviðum, sem efni fundanna fjölluðu um, má ætla að í niðurstöðum sé dregið á flesta þá þætti, sem skipta máli í þróun orkumála, þótt ekki sé það stutt tölulegum gögnum eða staðreyndum, sem vitna má til. Við nánari könnun á stöðu orkumála og spá um þróun þeirra

er hér mikill efniviður saman kominn, sem æskilegt væri að vinna nánar úr.

Í eftirfarandi verður dregið á meginatriðin, sem fram komu í fundasýrpunni í von um, að það geti skapað nokkurn grundvöll frekari umræðna og gefi tilefni til frekari athugana á þróun þessa mikilvæga sviðs. Á það skal lögð áhersla að hér er ekki um samræmt álit eða staðfestar niðurstöður að ræða, heldur fyrst og fremst samantekt atriða sem hafa ber til hliðsjónar við nánari athugun á þessu mikilvæga sviði þjóðmála. Rannsóknaráð ríkisins og Orkustofnun hafa að sjálfsögðu ekki tekið efnislega afstöðu til þeirra atriða sem hér koma fram.

2. MEGINVIÐHORF Í ORKUMÁLUM

Það helsta sem fram kom um viðhorf í orkumálum má draga saman á eftirfarandi hátt:

2.1 Flestir eru sammála um að hinni öru aukningu á notkun olíu og gass á undanförunum áratugum verði ekki haldið áfram öllu lengur og nú þegar sé horft fram á stöðnun olíuframleiðslu í heiminum og jafnvel þurrð á nokkrum mikilvægum svæðum. Afleiðingar verða þrens konar:

- verð á olíu mun hækka ört áður en langt um líður og þar með orkuverð almennt. Líklegt er, að efnahagslegar, stjórnmálalegar og atvinnulegar afleiðingar verði afdrifaríkar.
- mjög víðtæk breyting frá notkun olíuefna í framleiðsluferlum, samgöngum og hýbýlahitun, til annarra orkugjafa, svo og til

sparnaðar þar sem unnt er.

- mikil áhersla verður lögð í öllum iðnvæddum ríkjum á að finna nýja innlenda orkugjafa og þróa tækni, sem getur hagnýtt þá.

2.2 Ísland býr yfir mjög stórum orkulindum í hlutfalli við núverandi stærð þjóðarinnar. Fram kom sú fullyrðing, að vatnsorkulindirnar séu jafngildi 40-50 TWh (Terawattstund = milljarður kílóvattstunda = 10^{12} Wh) af tæknilega nýtanlegri raforku, en jarðvarmalindirnar 2-3 falt það miðað við varmainnihald yfir umhverfishita. Sem stendur er hin opinbera áætlun Orkustofnunar sú, að vatnsafl landsins sé um 35 TWh, en jarðvarmi um 80 TWh. Aðeins lítill hluti þessarar orku hefur enn verið nýtt eða um 6-8% af tæknilega nýtanlegu vatnsafl, en mun minna af tæknilega nýtanlegum jarðvarma. Þó er orkunotkun á íbúa hérlendis orðin allhá í samanburði við aðrar þróaðar þjóðir.

2.3 Ef miðað er við stærri vatnsvirkjanir og virkjanleg jarðhitasvæði getur framleiðslukostnaður raforku í orkuveri hér á landi verið lágur miðað við framleiðslukostnað í öðrum löndum. Heildsöluverð er talið tiltölulega lágt. Hins vegar var fullyrt að íslenskir raforkuneytendur byggju við eitt hæsta smásöluverð raforku sem þekkist. Skýringanna á þessari þverstæðu var m.a. talið mega leita til eftirfarandi atriða:

- langra og kostnaðarsamra stofn- og dreifiveitna

- áhrifa aðflutningsgjalda, söluskatts og annarra opinberra álaga á endanlegt orkuverð
- lélegrar nýtingar raforkumannvirkja vegna markaðsaðstæðna
- mikilla flutningstapa í ófullkomnum dreifiveitum
- ósamræmis milli áfanga í orkuverum og markaðsþróunar, sem annars vegar leiðir til keyrslu dieselstöðva, en hins vegar til ónýttis umframafis í stærri orkuverum
- of mikill þáttur óhagstæðs lánsfjármagns, en lítill þáttur eiginfjár í raforkuframkvæmdum.

Fram kom að búast megi við að hið háa raforkuverð muni ríkja hér áfram næstu 30-50 ár á meðan uppbyggingu öflugslu framleiðslu- og dreifikerfis stendur og á meðan afskriftir og afborganir lána vega þungt á metunum.

- 2.4 Jarðvarmi er sennilega víðar nýtanlegur en menn hafa til skamms tíma haldið og getur gefið mjög ódýra orku til upphitunar í hýbýlum og framleiðslustarfsemi. Möguleiki er til hagnýtingar á mun fleiri sviðum en nú tíðkast og líklegt að draga megi verulega úr innfluttu eldsneyti og bæta samkeppnis- aðstöðu í vissum framleiðslugreinum.
- 2.5 Fram kom sú fullyrðing að fyrirsjáanleg aukning almennrar raforkunotkunar (þ.e. að undanskildum stórnotendum) er um 10-15 MW á ári á næstu árum*. Hagstæðustu virkjanakostir

* Í orkuspa orkusparnaðarnefndar sem út kom um mitt ár 1978 er væntanleg aukning aflþarfar til almennra nota um 25 MW á ári.

landsins í vatnsafla eru þó flestir af stærðinni 130-150 MW og þaðan af stærri. Mikil þörf er á að rannsaka og skýra hvernig hagnýta megi orkulindir landsins án þess að sú uppbygging verði fjárhagslegur baggi á þjóðinni.

- 2.6 Uppi eru hörð átök um þátt orkufreks stóriðnaðar í nýtingu orkulindanna og ekki er ljóst hver sá þáttur verður. Stefnan í því efni mun þó ráða mjög miklu um hraða orkuuppbyggingarinnar á næstu áratugum og þar með um umfang rannsóknar- og undirbúningsfrankvæmda á því sviði.

3. STEFNUMÓTUN

Eftirfarandi skoðanir um stefnumótun komu fram á fundunum:

- 3.1 Markmið orkuframkvæmda í landinu eru óljós og mótast viðhorf manna annars vegar af tímabundnum og/eða svæðisbundnum orkuskorti eða jafnvel aflskorti, sem nemur á einstökum svæðum 15-20 MW og á landinu í heild að hámarki 25-30 MW, og hins vegar af áformum og áætlunum um orkuver og stofnlínuframkvæmdir, sem skilað geta hundruðum megawatta. Misræmi er milli vona þjóðarinnar og drauma um stærð virkjana annars vegar og horfa um nýtingu orkunnar hins vegar.

Nauðsynlega þarf að skýra markmið orkuframkvæmda og meta á skýran hátt hvernig skuli séð fyrir eða tekið tillit til:

- almennra markaðsþarfa og atvinnuþróunar
- sparnaðar á innfluttum orkugjöfum

- Öryggissjónarmiða
- byggðasjónarmiða
- sérstakra orkutengdra atvinnugreina
(þ.á.m. orkufrekrar stóriðju)
- hugsanlegra framtíðartakmarkana á ráðstöfun auðlindanna með hliðsjón af umhverfissjónarmiðum og þörfum komandi kynslóða í landinu.

Leggja ber áherslu á náið samhengi markaðs- þróunar og orkuframkvæmda, m.ö.o. samhengi efnahags- og atvinnumálastefnu annars vegar og orkustefnu hins vegar.

Hverfa verður frá þeim skammtíamaviðhorfum sem mótast af tímabundnum orkuskorti á einstöku svæðum. Í stað þess þarf að móta stefnu til langs tíma á breiðum grundvelli. Langtíamaviðhorf eru hér nauðsynlegri en í flestum öðrum efnum, þar sem undirbúningstími eins orkuvers er mjög langur eða að meðaltali um 8 ár. Skammtíamaviðhorf geta því ekki leitt til annars en óvandaðs undirbúnings og handahófsákvarðana með hugsanlega afdrifaríkar fjárhagslegar afleiðingar.

- 3.2 Frumkvæði. Nauðsynlegt var talið að iðnaðar- og orkuráðuneyti, f.h. ríkisvaldsins hefði frumkvæði að mótun samþættrar iðnaðar-, atvinnulífs- og orkustefnu og fæli Orkustofnun, aðilum orkuiðnaðarins, þjónustustofnunum atvinnuveganna og Framkvæmdastofnun í samvinnu við sveitarfélög eða samtök þeirra að undirbúa þá stefnumótun efnislega.

Orkumálastjóri fyrir hönd Orkustofnunar verður að hafa sjálfstæði til að gagnrýna

það sem miður fer um orkuframkvæmdir og leggja skoðun stofnunarinnar skýrt fram.

- 3.3 Stefnumótun í orkumálum verður að vera skýr, opin ská og meðvituð í huga þjóðarinnar ef samstaða á að nást um framkvæmd hennar. Þetta krefst opinberrar umræðu (debutt) um vandlega undirbúnað stefnumótandi tillögur. Tillögur um stefnu þurfa að bera í sér ramma að uppbyggingarhraða, ráðstöfun orku í grófum dráttum, valkosti um áfanga í orkumannvirkjum, tengsl við markað og ráðstöfun til mismunandi þarfa, hugsanlega tímasetningu og fjármögnunarramma meiri háttar áfanga.

4. STARFSHÆTTIR - SKIPULAG - ÁKVARÐANIR

Á fundunum var staðhæft að starfshættir við undirbúning orkuframkvæmda séu enn lítt mótaðir, og ákvarðanir um undirbúning og framkvæmdir komi oft ekki í eðlilegri röð. Talið er nauðsynlegt að koma fastari skipan á undirbúning og ákvarðanir um orkuframkvæmdir.

Hugmyndir komu fram um áfangaskipan, sem hér er sett í heillegt yfirlit, en með nokkru öðrum hætti en fram kom í einstökum tillögum.

Það skal tekið fram að liðir 4-10 í yfirliti þessu eiga fyrst og fremst við um undirbúning vatnsaflsvirkjana, en eiga sér væntanlega nokkra hliðstæðu í undirbúningi jarðhitavirkjana. Þar kom hins vegar til álita skipting í

- yfirborðsrannsóknir
- djúprannsóknir

- reynsluboranir
- vinnsluboranir

ásamt fléttun við áætlanagerð, forval, hönnun og framkvæmd. Tölur um kostnað við ýmsa áfanga geta verið mun hærri fyrir jarðhita, en jafnframt eru kostnaðartölur mjög grófar og aðeins til leiðbeiningar.

Vísað var til þeirra starfshátta, sem formlega væri beitt í Noregi í vatnsaflsrannsóknum.

Í yfirliti þessu eru mörg hugtök enn óljós og mikil nauðsyn að festa í sessi skýra meðvitund um merkingu þeirra og stöðu í tengslum við undirbúning. Æskilegt væri að sett yrðu fram skipurit sem sýndi tengsl áfanga og röð ákvarðana.

Lögð var áhersla á að skilja bæri ábyrgð á forathugunum (4) og frumáætlun (5) frá ábyrgð á undirbúningi á framkvæmdastigi, þ.e. hönnun (8) og útboðslýsingu (9). Tryggja yrði fjármagn og vinnufrið til að stunda undirbúningsrannsóknir með stöðugleika og langtímasjónarmið í huga. Það starf á alfarið að vera í höndum Orkustofnunar.

Gagnrýnd var tilhneiging virkjanafyrirtækja, landshlutahagsmunahópa og stjórnmalamanna til að vanmeta nauðsyn undirbúningsrannsókna og leitast við að færa einstök verkefni á ótímabæran hátt milli stiga undirbúnings. Þannig væri gripið inn í eðlilega rás undirbúnings með fjárhagslega afdrifaríkum afleiðingum. Eðlilegur vettvangur slíkra átaka við stefnumótun (1), forval (7) og ákvörðun um framkvæmd (9). Hér yrði orkumála-stjóri að beita áhrifum sínum meira til að beina þróuninni á þjóðhagslega skynsamlegar brautir og

ÁFANGI	FRUMKVÆÐI/ÁBYRGÐ	TÍMI	KOSTNAÐUR
1. <u>Stefnumótun</u> rammi orku- uppbyggingar	Alþingi Orku- og iónaðar- ráðuneyti Orkustofnun	2-3 ár og endur- tekið	20-30 m.kr./ár
2. <u>Grundvallarrannsóknir</u> vatn, veður, jarðfræði lífiríki, landslag	Orkustofnun, o. fl.	Stöðugt	50-100 m.kr./ár
3. <u>Orkubúskaparrann- sóknir</u>	Orkustofnun	Stöðugt	10-20 m.kr./ár
4. <u>Forathugun virkjana- kosta</u> (almenn könnun á grundvelli undir- stöðugagna)	Orkustofnun	1-3 ár hver 5-10 ár alls	10-20 m.kr./hver 200-300 m.kr./ár (mun meira ef jarð- varmavirkjanir eru teknar með)
5. <u>Frumáætlun</u> tæknileg og hagræn úttekt byggð á nokkrum sérrann- sóknnum	Orkustofnun	2-3 ár/hver 10 ár alls	30-500 m.kr./hver 600-900 m.kr./ár

<p>6. <u>Mýnsturáætlun</u> á grundvelli forathugana og frumáætlana fyrir flesta virkjana- valkosti</p>	<p>Orkustofnun</p>	<p>5-10 ár Regluleg endurskoðun í ljósi tækni og verðþróun- ar</p>	<p>600-900 m.kr./ár - frumrannsókn - djúprannsókn - vinnslurannsókn</p>
<p>7. <u>Forval virkjanakosta</u> í samræmi við stefnu í orkumálum og efnahagsmálum á hverjum tíma</p>	<p>Alþingi að fengnum tillögum OS og orkuráðuneytis og orkuframleiðenda</p>	<p>Eftir atvikum</p>	<p>-</p>
<p>8. <u>Hönnun, Nákvæmnisútfærsla</u> á virkjunarkosti til útreiknings á orkuverði og sem undanfari ákvörðunar um framkv. og fjármögnun</p>	<p>Virkjunarfyrirtæki með aðstoð ráðgefandi aðila</p>	<p>1-2 ár</p>	<p>100-1000 m.kr.</p>
<p>9. <u>Ákvörðun um framkvæmd</u></p>	<p>Alþingi - orku- ráðuneyti</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>10. <u>Útboðs- og framkvæmdalýsing og framkvæmd</u></p>	<p>Virkjunarfyrirtæki</p>	<p>2-4 ár</p>	<p>1000-10.000 m.kr.</p>

tryggja samfellu starfs til langs tíma í samræmi við ramma orkustefnu. Án mótaðrar orkustefnu yrði slíkt þó að sjálfsögðu erfitt.

Bent var á nauðsyn þess að hverju stigi undirbúnings lyki með yfirliti um þjóðfélagslega hagkvæmni og arósemi á sambærilegum matsgrundvelli fyrir alla virkjanakosti og að allir kostnaðarþættir væru metnir á sambærilegan hátt (t.d. eftir R.b. kostnaðarkerfi). Í mati virkjanakosta yrði að koma fram framleiðslukostnaðarverð orku, kostnaðarverð til neytenda miðað við fyrirhugaða markaðsmynd, mælikvarði á öryggi og mælikvarði á umhverfis- og félagsleg áhrif.

Talið var nauðsynlegt að taka til athugunar umhverfis- og félagslega þætti við undirbúning og mat virkjana.

Hinn takmarkaði mannaflí og fjármunir fámennrar þjóðar gerir án efa í reynd erfitt um vik að viðhalda samfelldu starfi rannsókna og framkvæmda og með aðskildu starfsliði og ábyrgðarhlutverki stofnana og fyrirtækja. Að vissu marki má nýta erlenda sérþekkingu, en þó ávallt undir eftirliti eða í náinni samvinnu við innlenda sérfræðinga.

Ýmis sjónarmið komu fram um skipulag og eignaræðild orkumannvirkja, en samstaða virtist um nauðsyn samtengingar veitusvæða og virkjun hagkvæmustu virkjanakosta án tillits til svæðisbundinna hagsmuna. Svæðisbundin sjónarmið um virkjanaframkvæmdir hljóta þó að verða sterk meðan samtenging er ekki komin til framkvæmda og öryggi rafveitukerfis lítið.

Staða Orkustofnunar í orkumálum var rædd og talin nauðsyn á að endurmeta og skýra hlutverk hennar í

eftirfarandi atriðum með það fyrir augum að styrkja stöðu hennar:

- a) stefnumótunarhlutverk
- b) rannsóknahlutverk við undirbúning virkjana
- c) verkfræðilegt hlutverk og hönnunarhlutverk
- d) orkubúskaparrannsóknir og yfirsýn orkumála
- e) upplýsinga- og þekkingarmiðlun innan orkugeirans

Talið var, að orkumálastjóri yrði að nýta betur valdsvið sitt en hann hefur gert, en orkuráðuneyti yrði að samhæfa störf á orkusviðinu í heild um rannsóknir, undirbúning mannvirkja-gerðar, rekstur orkuvera, dreifingu orku, þróun orkunotkunar og nýtingu innlendra orkugjafa.

Fram komu þau sjónarmið að virkja ætti meira dreifða krafta á verkfræðistofum og í háskólanum til að vinna þau verkefni, sem Orkustofnun hefur með höndum og stjórnar.

5. ORKUNÝTING

5.1 Orkubúskaparrannsóknir. Fram kom sú skoðun að mikill mismunur milli framleiðsluverðs og endanlegs verðs til hins almenna neytanda, svo og mismunur á meðalframleiðsluverði og verðs til stórnotenda þarfnast sérstakrar skýringar við, og nauðsyn er á könnun á kostnaðardreifingu raforkukerfisins og möguleikum til haðgræðingar, sparnaðar og bættar

nýtingar til að lækka raforkuverð og til að spara innflutta orkugjafa.

Í því sambandi þyrfti að athuga eftirfarandi:

- auka þarf orkubúskaparrannsóknir til að skapa nákvæmari innsýn í nýtingarhætti og opna möguleika á að meta hagkvæmni mismunandi framleiðslu-, dreifingar- og nýtingarleiða.
- kanna þarf sérstaklega samnýtingu orkugjafa, þ.e. blönduð kerfi
 - afgangsráforka + olía til hitunar í samveitum (fjarhitunarkerfi)
 - notkun varmadælu (raforku) til að hagnýta afgangsvarma eða volgt vatn með lágu hitastigi til húshitunar og framleiðslustarfsemi
- kanna þarf orkutöp
 - í dreifilínunum
 - vegna vanstillingar tækja
 - vegna skorts á einangrunog meta þörf á meira eftirliti með þessum þáttum.
- kanna þarf leiðir til að bæta dægur- og árstíðanýtingu orkuveitukerfa:
 - í einstökum framleiðsluferlum
 - innan lítilla sveitarfélaga
 - innan iðnhverfa
 - innan heimila

5.2 Verðlagning raforku. Það sjónarmið kom fram að verðleggja bæri raforku eða semja um afhendingarskilmála þannig að neytandinn hefði hag af að nýta orkuna sem best. Athuga bæri sölu á föstum aflhluta á hagstæðu meðalverði, en háu gjaldi fyrir umframnotkun. Þá bæri að gera greinarmun á fjórum tegundum afgangsráforðu er hefðu mismunandi þýðingu og verðgildi fyrir orkukerfið:

1. Afgangsrorka vegna sveiflukennds dægurálags.
2. Afgangsrorka vegna umframgetu í framleiðslu í meðalvatnsári miðað við það lágmarksvatnsár, sem takmarkar ráðstafanlegt grunnafl eða forgangsrorku orkuframleiðenda.
3. Árstíðabundin sveifla í eftirspurn skapar umframafl að sumri.
4. Ónotað og ómiðlað vatnsmagn jökulánna að sumri skapar afgangsrorku til fram-búðar.

Magn afgangsrorku í þessum flokkum er breytilegt eftir eðli eftirspurnar og miðlunargetu. Verðgildi raforku í þessum flokkum er mismunandi.

Verðjöfnun og niðurgreiðsla á orku getur leitt til þjóðhagslega mjög óhagkvæmrar ráðstöfunar á orku og hækkað almennt orkuverð óhóflega. Dæmi um þetta er sala á raforku til hitunar á 3 kr/kwh þegar framleiða verður orkuna með 15 kr/kwh beinum kostnaði í dieselsstöð.

5.3 Nýtingarleiðir. Hin fyrirsjáanlega gnægð vatnsorku og jarðvarma að hlutfalli við mannfjölda í landinu gefur tilefni til könnunar á leiðum til að nýta þessar auðlindir til hagsældar og farsældar fyrir landsmenn.

1. Um þýðingu orkufrekrar stóriðju eru menn ekki á eitt sáttir og eru talin ýmis rök með og á móti:

Með:

- Hagkvæmasta leiðin til að nýta orku í stórum stíl til verðmætasköpunar.
- Gefur tilefni til skjótrar uppbyggingar öflugs raforkukerfis. Er leiðin til lægra orkuverðs og meira öryggis.
- Auðveldar uppbyggingu hafna og samgöngukerfa.
- Leiðir til örari hagvaxtar þjóðar-tekna á mann og hækkandi launa þegar til lengri tíma er horft.

Móti:

- Hættuleg pólitísk áhrif af erlendri eignaraðild í slíkum fyrirtækjum.
- Kostnaður við framkvæmdir langt umfram fjárhagslega getu og lánstraust landsmanna. Leiðir til herra orkuverðs vegna óhagstæðra orkusölusamninga.
- Dregur úr fjárráðstöfun til annarra framkvæmda og félagslegra umbóta.
- Veldur samkeppni um vinnuafli og röskun hjá hefðbundnum atvinnuvegum.

- Leiðir til efnahags- - Veldur stórfelldum legra margfeldis- breytingum á félags- áhrifa og víkkar legum högum fólks, viðskiptagrundvöll. lífsviðhorfum og menningarhefðum.
- Greiðir götu tækni- - Veldur mengun um- þróunar og opnar hverfis úti og inni aðra nýiðnaðar- og spillir ásýnd möguleikum með hrá- landsins. efnum, aðstöðu, við- skiptum, o.fl.

Ekki verður séð, að rök þessi með eða móti séu studd fullnægjandi sönnunum og þyrfti að gera ítarlegri athuganir á þessum þáttum heldur en nú liggja fyrir og þá kanna um leið hvort og hvernig sé unnt að draga úr neikvæðum áhrifum og/ eða tryggja þau jákvæðu. Gera mætti flokkun á þeim stóriðjutegundum, sem teldust æskilegar og þeim, sem óæski- legar væru og setja strangar reglur um starfsleyfi og starfsskilyrði slíkra fyrirtækja.

2. Frumathuganir sýna, að innlenda orku- gjafa má nota í mun meiri mæli en nú er í ýmsum framleiðsluferlum. Jafnframt er unnt að spara olíu í verulegum mæli. Til álita koma t.d. eftirfarandi:

Landbúnaður: Jarðvarmi og afgangsrá- orka í heyverkun, grasmjöls- og gras- kögglaframleiðslu, jarðvarmi og raforka í ylrækt, jarðvarmi í fiskirækt.

Fiskveiðar: Olíunotkun fiskiskipa á hvert

tonn af olíu vex ört með stærð skipa og siglingahraða. Kanna þarf möguleika til sparnaðar olíu og skera úr um hagkvæmni svartolíunotkunar á þessum vettvangi. Til lengri tíma horft væri æskilegt að rannsaka möguleika á notkun annarra orkugjafa, sem framleiða mætti innanlands.

Fiskvinnsla: Talið er unnt að lækka olíunotkun fiskmjölsverksmiðja stórlega með bættri varmanýtingu. Hægt er að láta gufukatla í sumum fiskmjölsverksmiðjum framleiða eigin raforku og jafnvel nýta sem varastöðvar fyrir lítil byggðarlög. Þar sem næst til jarðgufu má nota hana til eimingar og þurrkunar í fiskimjölsverksmiðjum. Þurrkun skreiðar og saltfisks með jarðvarma er líkleg til að hafa verulega þýðingu í framtíðinni. Einnig má nota jarðgufu til þess að knýja "absorptions"-frystikerfi til hraðfrystingar og ísframleiðslu í fiskiðnaði.

Iðnaður: Helstu atriði, sem til athugunar koma varðandi orkunýtingu í iðnaði eru:

Dæmi:

- rafmagn í rafgreiningu ál, magnesium, titanium
- rafmagn í rafbræðslur málmar, basalt, steinull, mullit, kórundum, járnsteypur
- rafmagn í sementsgerð
- blönduð kerfi rafmagns og olíu til gufuframleiðslu

- jarðvarmi í sjóefnavinnslu - salt, magnesíumklóríð, o.fl.
- jarðvarmi til súráltsframleiðslu
- jarðvarmi til hitunar, þurrkunar og frýstingar í ýmsum kerfum
- jarðvarmi og raforka til þungavatns-
vinnslu

Gæta þarf að tengslum iðnaðarmöguleika við stóriðjugreinar - t.d. formbreytingar og úrvinnsla á áli eða magnesíum.

Samgöngur: Helstu ráðstafanir á samgöngusviðinu, sem varða orkumál eru tengdar sparnaði í notkun eldsneytis, t.d. með hraðatakmörkunum og stillingu aflvéla. Lengra í framtíðinni eru svo möguleikar á nýjum fljótandi eða loftkenndum orkugjöfum, svo sem metanol, vetni eða ammoníaki til notkunar í brennsluhreyflum eða eldsneytisrafhlöðum. Rafmagnsbifreiðar til aksturs á styttri vegalengdum gætu haft þýðingu hérlandis.

Hýbýlahitun og umhverfisprýði: Jarðvarmi verður varla nýttur á hagstæðari hátt en til hýbýlahitunar, þar sem varminn er notaður við lágt hitastig, með tiltölulega litlum flutningstöpum. Líklegt er að jarðvarmi verði nýttur í æ ríkari mæli til ýmis konar umhverfisprýði, upphitunar á yfirbyggðum almenningssvæðum og götum, gangstéttum, glerskálum og gróðurhúsum við heimahús, o.s.frv.

6. ORKUTÆKNI - ORKURANNSÓKNIR

6.1 Orkugjafar. Helstu ónotaðir orkuvinnslu-
möguleikar hérlendis aðrir en vatnsorka og
jarðvarmi voru taldir sjávarfalla- og öldu-
orka, vindorka, surtarbrandslög og olía af
íslensku hafsbóttnssvæði. Sérstaklega bæri
að athuga möguleika vindorku og líkur fyrir
olíu á hafsvæðum við landið.

6.2 Vatnsorkuvinnsla. Lögð var nokkur áhersla
á þörf fyrir auknar grunnrannsóknir í
tengslum við áform um vatnsorkuver og stofn-
línulagnir, vegna þess langa tíma sem upp-
lýsingaöflun tekur. Hér er átt við:

jarðfræðirannsóknir
vatna- og vatnsbúskaparrannsóknir
veðurfarsrannsóknir
umhverfisrannsóknir

Sá þáttur virkjanagerðar sem mest þarfnast
skipulegra verkætlanirannsóknna er jarðgangna-
gerð í hinu margbreytilega íslenska bergi.
Reynslu af sprengingum hefur ekki verið
haldið kerfisbundnu saman og tilviljanakennt
hvort hún nýtist frá einu verkefni til annars.
Aðstæður til jarðvinnslu reynast oft aðrar
en gert er ráð fyrir við könnun. Reyna þyrfti
jarðgangaborvél við íslenskar aðstæður.

6.3 Jarðvarmavinnsla. Sú hlið jarðvarmans sem
minnst er þekkt og erfiðust í meðförum, er
vatnsleiðnin eða lekt bergsins og þar með
afkastageta hugsanlegs vinnslusvæðis. Safna
þarf meiri gögnum og rannsaka samhengi jarð-
fræði, poruhluta bergs og upplýsinga frá
dæluprófunum. Mikil nauðsyn er á að þróa

nothæft reiknilíkan af íslenskum jarðhita-kerfum til leiðbeiningar við djúprannsóknir og vinnslu. Útbreiðsla og dýptarmörk grunnvatns- og jarðhitakerfa eru illa þekkt. Þar með er lítið vitað um hugsanleg mörk í umfangi jarðhita í landinu og um væntanlega endingu einstakra jarðhitasvæða.

Tækni við leit að jarðhita með yfirborðs-rannsóknnum hefur fleygt fram að undanfögnu, hins vegar er tækni til að framkvæma djúprannsóknir, þ.e. kanna líklega vinnslugetu með rannsóknnum á gögnum frá borunum skemmra á veg komin. Þannig er t.d. úrvinnsla og mat borgagna mun seinlegri en sjálf framkvæmd borunarinnar. Veldur það mikilli óvissu um staðsetningu borhola sem boraðar eru í röð.

Reynslan af framkvæmdum við Kröflu hefur leitt í ljós að gefa þarf mun meiri gaum að röðun rannsókna reynsluborana, vinnsluborana og ákvarðana um framkvæmdir við virkjun jarðhitasvæða og væntanlega þýðir þetta að undirbúningur jarðvarmavirkjana á nýjum svæðum verður lítið styttri en vatnsaflsvirkjana gagnstætt því sem áður hefur verið talið. Um viðbótarvirkjanir á þekktum svæðum gildir þó öðru máli. Taka verður ríkara tillit til þessara atriða við skipulag undirbúnings og framkvæmda- og ákvarðanatöku en gert hefur verið.

Hinar umfangsmiklu boranir á undanförunum mánuðum hafa leitt í ljós mjög margvísleg tæknileg vandamál og lausnir í sambandi við borun og frágang borhola, sem of langt mál yrði að ræða hér, en full ástæða sýnist til

að taka saman í rit um íslenska jarðvarma-
tækni.

Lítill reynsla er enn komin á sjálfar varma-
veiturnar frá háhitasvæðunum og án efa mörg
atriði sem þar bíða þróunar.

Málmtæring hefur sums staðar verið vandamál
í jarðhitakerfum, venjulega vegna súrefnis
í vatni úr borholum í lághitakerfum. Einnig
eru uppi nokkur vandamál í sambandi við salt-
ríkt jarðhitavatn. Málmtæring í vatni og
gufu á háhitasvæðum er enn lítið rannsökuð.

Skeljun er fyrst og fremst vandamál á háhita-
kerfum og er varla önnur lausn á því en
notkun hreinsanlegra varmaskipta eða blöndun
gufu í hreint kalt vatn. Varmaskiptatækni
sem hentar háhitasvæðum er því aðkallandi
viðfangsefni, ekki síst vegna fyrirsjáan-
legrar notkunar í iðnaðarferlum.

Við nýtingu jarðvarma í framleiðsluferlum
verður mikil nauðsyn á vinnslutilraunum
fyrir breytilegar aðstæður, þ.e. eðli vatns-
ins eða gufunnar.

- 6.4 Varmatækni - varmafræði. Hagnýting jarð-
varma og vatnsorku til fjölbreytilegra nota
hérlandis gefur tilefni til aukinnar áherslu
á varmatæknilegar athuganir í tengslum við
orkubúskap okkar. Annars vegar verða það hin
hefðbundnu viðfangsefni varmaflutnings, varma-
skipta og einangrunar en í vaxandi mæli einnig
varmadælur, varmaþjöppur, ísogsfrysting
(absorptionsfrysting), samnýtingu orkugjafa
og samhæfingu orkunotkunar á mismunandi orku-
stigum (hitastigs, orkuforms). Ástæða er til

að taka þessi viðfangsefni sérstaklega fyrir í Tækniskólanum og Háskólanum.

- 6.5 Þekkingaröflun - þekkingarmiðlun. Undirbúningur og rannsóknir vegna orkumannvirkja, beislun orkulinda og hagnýting orkunnar, hefur hér á landi leitt í ljós ýmis séríslensk vandamál. Við lausn þeirra hefur verið þróuð innlend tækniþekking, sem tryggja verður að glatist ekki, heldur miðlist og endurbætist með frekari reynslu. Sérstaklega er brýnt, að sú þekking, sem aflast á sviði jarðhitamála varðveitist og útbreiðist, enda standa Íslendingar þar alþjóðlega í fararbroddi á mörgum sviðum. Skipuleggja þyrfti söfnun, skráningu og útbreiðslu þessarar þekkingar og reynslu, og forða því að hún lokist inni hjá einstaklingum eða stofnunum. Nauðsynlegt er að gera úttekt á verkum þar sem eitthvað hefur farið úrskeiðis sem læra má af.

Orkustofnun, Háskólinn og Tækniskólinn gætu staðið saman að slíkri þekkingarsöfnun og miðlun, látið skrifa handbækur um jarðhitatækni. Efna mætti til samskipta við erlendar þjóðir og alþjóðastofnanir (Sameinuðu þjóðirnar) um skipti á þekkingu. Með þessu gætu íslenskir sérfræðingar haslað sér völl á alþjóðavettvangi á sviði jarðhitatækni í enn ríkara mæli. Vísir að slíkri starfsemi er þegar fyrir hendi með samningi milli Orkustofnunar og ERDA í Bandaríkjunum og lengi hafa verið tengsl íslenskra jarðhitamanna við Sameinuðu þjóðirnar. Rætt hefur verið um jarðhitadeild á vegum Háskóla Sameinuðu þjóðanna.

Fram kom sú ábending að gefa þyrfti gaum að

hlutverki Háskólans í að sinna ýmsum undirstöðuatriðum og fræðilegum hliðum jarðhitánýtingar og þyrfti að gera háskólamönnum kleift að stunda rannsóknir og fræðilega ráðgjöf á þessu sviði, án þess þeir yrðu beinlínis dregnir inn í framkvæmdirnar sjálfar. Þá var talið að Tækniskólinn hefði hlutverki að gegna í menntun bortækna og annarra tæknimanna við jarðhitavirkjanir.

7. MEGINNIÐURSTÖÐUR

Af undanfarandi yfirliti og með hliðsjón af þeim viðhorfum sem fram koma í gögnum fundasýrpunnar um orkumál, má ef til vill draga eftirfarandi ályktanir um stöðu og þróun orkumála og þörfina fyrir rannsóknir og tæknipróun á orkusviðinu:

1. Borið saman við önnur lönd er Ísland vel sett að innlendum orkulindum í hlutfalli við eigin þarfir. Þessar orkulindir má nýta til flestra þátta þjóðlífs nema að svo stöddu fyrir samgöngutæki og fiskveiðiskip (sem er nál. helmingur af orkunotkun landsmanna).
2. Framleiðslukostnaður raforku er tiltölulega lágur en verð til neytenda hátt vegna ýmissa orsaka, sem ekki liggja allar ljósar fyrir. Nauðsynlegt er að kanna leiðir til úrbóta í þessum efnum.
3. Brýn nauðsyn er á mótun skýrari stefnu um nýtingu orkulindanna, þar með ákvörðun um nýtingarhraða og þátt orkufreks iðnaðar. Þetta atriði sérstaklega er mikilvægt vegna skynsamlegra og hagkvæmra vinnubragða við rannsóknir og undirbúning, m.a. til að tryggja

hæfilegan fjölda vel undirbúinna valkosta á hverjum tíma. Nauðsyn er að tengja betur en verið hefur uppbyggingu orkuíðnaðarins þörfum efnahagslífsins og heimila fyrir orku.

5. Taka þarf upp nýja starfshætti við undirbúning og ákvarðanir um nýja orkuáfangi og iðjuver þeim tengda. Taka ber meira tillit til félagslegra og umhverfislegra aðstæðna og jafnframt skilja skýrar á milli undirbúningsstigs og framkvæmdastigs. Ákvarðanir Alþingis og framkvæmdavalds þurfa að koma á réttum stöðum í undirbúningi og þá á grundvelli heildarsýnar og með hliðsjón af nokkrum valkostum á hverjum tíma.
6. Efla þarf stöðu Orkustofnunar í stefnumótun í orkumálum og við rannsóknir á því sviði.
7. Orkustofnun þarf að stórauka rannsóknir á orkubúskap Íslendinga og kanna leiðir til hagræðingar og bættrar nýtingar orkukerfisins.
8. Sýnilega má auka verulega nýtingu innlendra orkugjafa í framleiðsluferlum og hýbýlahitun landsmanna. Ennfremur eru nokkrir nýir notkunarmöguleikar innan sjónmáls.
9. Leggja ber aukna áherslu á ráðdeildarsemi í notkun orku, hvetja til sparnaðar og hafa verðlagningu orku þannig að dýrkeypt orka sparist, en bætt nýting orkukerfisins fáiast m.a. með aukinni nýtingu umframorku og jafnara álagi yfir sólarhring og árstíðir.
10. Leggja ber aukna áherslu á orkutækni í landinu til að styðja við könnun og beislun orkulindanna (einkum á sviði jarðvarmans),

en ekki síður til að þróa hagkvæmar leiðir til nýtingar orku í hinum ýmsu framleiðsluferlum og hitunarkerfum landsins.

11. Auka þarf skipulagða þekkingarmiðlun á sviði orkutækni, en sérstaklega jarðvarmataekni, til að greiða fyrir útflutningi íslenskrar tækniþekkingar og skiptum á tækni við erlendar þjóðir og alþjóðastofnanir. Efla þarf starfsemi Háskólans og Tækniskólans á þessu sviði.