

SAMBAND ÍSLENZKRA RAFVEITNA

Miðsvetrarfundur 1973

UM ORKULINDIR ÍSLANDS OG RANNSÓKN ÆIRRA

Eftir
Jakob Björnsson
orkumálastjóra

Um orkulindir Íslands
og rannsókn þeirra.
Erindi, flutt á miðsvetrar-
fundi SÍR 1973.
Jakob Björnsson,
orkumálastjóri.
01.03.73

1. Inngangur

Í erindi þessu er ætlunin að ræða nokkuð um orkulindir landsins, þær sem nota má til að vinna úr raforku; um rannsókn þeirra, hversu henni er á veg komið. Rætt verður um nauðsyn þess að hraða þeirri rannsókn frá því sem gert hefur verið undanfarið. Vikið er að nýjum verkefnum í rannsókn orkulindanna, sem upp koma vegna nýrra viðhorfa í umhverfismálum og vegna sívaxandi þarfar á heildarsýn í orkumálum, bæði er spanni yfir umhverfisviðhorf, tæknileg viðhorf og félagsleg viðhorf.

2. Orkulindirnar

Eins og ykkur öllum er kunnugt, er efnahagsleg vatnsorka landsins, þ.e. sú vatnsorka, sem búizt er við að það borgi sig að virkja, talin um 28 000 GWh á ári, eða 28 TWh/ári. Þetta er orðin nokkuð margendurtekin tala. Eins og einnig er margtekið fram, er tala þessi ýmiss konar óvissu undirorpin, ekki hvað sízt vegna þess að örðugt er að skilgreina hvað muni borga sig að virkja, og vegna þess að þekking okkar á mörgum virkjunarstöðum er enn nokkuð ófullkomin. Vera má, að ýmislegt af því, sem innifalið er í þessari tölu, muni ekki borga sig að virkja þegar þar að kemur. Ennfremur má reikna með, að einhverri vatnsorku verði haldið óvirkjaðri vegna umhverfissjónarmiða, jafnvel þótt hún sé hagkvæm. Á móti kemur, að vegna ófullkominna gagna hefur vinnslugeta virkjunarstaða yfirleitt verið áætluð með varfærni; og er líklega talin fremur of lág, og um suma staði, einkum á Austurlandi, þykjumst við nokkuð vissir um, að þeir séu of lágt reiknaðir. Að öllu þessu samtöldu þykir því sem stendur ekki ástæða til að breyta framan- greindri tölu, 28 000 GWh/ári, um efnahagslegt vatnsafl landsins.

Þessar orkulindir eru nokkuð dreifðar um landið, en þó misdreifðar, eins og sést á eftirfarandi yfirliti :

Á Suðurlandi	57 %
Á Norðurlandi	12 %
Á Austurlandi	30 %
Á Vesturlandi og Vestfjörðum	1 %
	<hr/>
	100 %

Vatnsorkan er þannig mest á Suðurlandi og Austurlandi, og nokkur á Norðurlandi, en aftur á móti mjög lítil á Vesturlandi og Vestfjörðum, þegar á heildina er litið.

Nú undanfarið hefur það nokkuð borið á góma, m. a. í fyrirspurn á Alþingi, að sumir hugsanlegir virkjunarstaðir gætu verið í hættu af völdum eldgosa eða annarra slíkra náttúruhamfara tengdum þeim, t. d. stórflóðum úr jökli. Nú eru þvílíkir atburðir bundnir við svo nefnt gosbelti, sem eins og kunnugt er liggur um landið þvert, frá suðvestri til norðausturs. Svo virðist, sem innan gosbeltisins, eða innan áhrifasvæðis þess, sé nokkuð innan við helmingur vatnsorkunnar, eða

Innan áhrifasvæðis gosbeltisins	46 %
Utan " "	54 %

Þessi skipting á við landið í heild. Fyrir einstaka landshluta lítur hún þannig út :

	<u>Innan áhrifa gosbeltisins</u>	<u>Utan áhrifa gosbeltisins</u>
Suðurland	62 %	38 %
Norðurland	30 %	70 %
Austurland	24 %	76 %
Vestfirðir og Vesturland	0	100 %

Um samanburð á hagkvæmni vatnsorku eftir landshlutum er það að segja, að virkjanir með svipaða hagkvæmni er að því er bezt verður séð að finna á Suðurlandi, Austurlandi og Norðurlandi, þótt eðlilega sé mest um þá á Suðurlandi og þarnaest á Austurlandi, svo sem er að vænta af þeirri skiptingu orkunnar á landshluta, sem rakin er hér að framan.

Borið saman við það, sem gerist í mörgum löndum, eru vegalengdir þær, sem flytja þarf raforku um frá virkjun til notenda yfirleitt stuttar hérlandis; í hæsta lagi í kringum 400 km, en oftast miklu styttri. Þegar við kvörtum yfir því, að dýrt sé að flytja raforku um þetta strjálbýla land, þá stafar sá vandi af því, um hversu lítinn flutning er venjulega að ræða, fremur en af því, að vegalengdirnar séu langar. Sérstaða okkar í þessu efni liggur sem sé í litlu flutningsmagni, með þar af leiðandi háum flutningskostnaði á orkueiningu, en alls ekki í miklum vegalengdum. Ef um mikið magn orku er að ræða, er flytja þarf, t. d. frá Austurlandsvirkjun til Suðvesturlands, sem er nokkurnvegin lengsti flutningur á orku frá stórvirkjun, sem um gæti verið að ræða hérlandis, nemur flutningskostnaður á kílówattstund varla nema svo sem 15 % af vinnslukostnaði á virkjunarstað. Virkjun austanlands þarf því ekki að vera nema lítið eitt hagkvæmari en virkjun sunnanlands til að geta keppt um orkumarkað á Suðurlandi.

Þetta tvennt, álíka hagkvæm vatnsorka í mörgum landshlutum, og ekki sérlega langar flutningsvegalengdir, gerir það eðlilegt að skoða

vatnsorku landsins í megindráttum sem eina heild, án mikils tillits til landfræðilegrar skiptingar. Þetta sama gerir það líka eðlilegt að hugsa sér, að til allra þessara hluta landsins nái samtengt öflugt flutningskerfi fyrir raforku. Ennþá sjálfsagðara verður þetta heildarsjónarmið, ef tekið er tillit til annarra atriða en hinna efnahagslegu, svo sem til félagslegra atriða; byggðaþróunarviðhorfa, eða áhættusjónarmiða gagnvart náttúruhamförum, en frá því sjónarmiði er æskilegt að dreifa virkjunum nokkuð, þannig að aldrei sé yfirgnæfandi hluti af rafafli landsins saman kominn á einu og sama áhættusvæði. Öflugt orkuflutningskerfi er forsenda þess, að unnt sé að taka á hagkvæman hátt tillit til því líkra viðhorfa.

Hér að framan hefur mest verið rætt um vatnsorku, en eins og ég gat um í inngangi þessa erindis, er hér einungis rætt um orkulindir til raforkuvinnslu. En við eigum mikinn jarðhita, eins og þið vitið, og hann má einnig nota til vinnslu raforku.

Talið er, að tæknilega nýtanlegur jarðhiti á Íslandi nemi alls 80 000 GWh á ári, og er þá átt við það orkumagn, sem streymir upp úr hverum og laugum, eða fáanlegt er úr borholum, er gerðar væru á jarðhitasvæðunum. Af því eru um 90 % bundin við svonefnd háhitasvæði, en þau eru talin þessi:

- | | |
|----------------------|------------------|
| 1. Reykjanes | 10. Vonarskarð |
| 2. Svartsengi | 11. Grímsvötn |
| 3. Krísuvík | 12. Kverkfjöll |
| 4. Brennisteinsfjöll | 13. Askja |
| 5. Hengill | 14. Fremrinámur |
| 6. Geysir | 15. Námafjall |
| 7. Kerlingarfjöll | 16. Krafla |
| 8. Hveravellir | 17. Þeystareykir |
| 9. Torfajökull | |

Af þessum 80 000 GWh, sem talið er tæknilega gerlegt að fá upp úr jörðinni, er tæknilega aðeins unnt að breyta hluta í nothæfa orku. Gagnstætt því sem er um orku fallvatna, þar sem breyta má 80 - 90 % í raforku, sem er eitt bezt nothæfa orkuform sem til er, þá er þetta hlutfall fyrir jarðhitann mjög breytilegt, eftir því á hvern hátt hann er notaður. Þannig er talið, að ef unnt væri að nýta allan jarðhitann til hitunar húsa, mætti úr þessum áður nefndu 80 000 GWh fá 70 000 sem nothæfa hitaorku. Væri jarðhitann hins vegar öllum breytt í raforku í þéttistöðvum, þ.e. rafstöðvum með eimsvala, fengjust úr honum um 6 000 GWh. Þessar 6 000 GWh raforku eru sambærilegar við þær 35 000 GWh, sem talið er tæknilega gerlegt að vinna úr vatnsafli landsins. Og vafalaust er aðeins hluti þessara 6 000 GWh efnahagsleg orkulind til raforkuvinnslu. Af þessum tölum sést, að til vinnslu raforku er jarðhitinn miklum mun þýðingarminni orkugjafi en vatnsorkan. Gildi hans liggur fyrst og fremst á öðrum nýtingarsviðum. Þó er engan veginn rétt að sleppa honum alveg þegar rætt er um raforkuvinnslu, einkum þar eð lega sumra háhitasvæðanna, svo sem Torfajökuls, Kerlingarfjalla, Hveravalla, Kröflu, Námafjalls og Þeystareykja er slíkt, að örðugt er að nýta þau til annars en raforkuvinnslu. Önnur háhitasvæði,

sem eru nálægt byggð, svo sem Reykjanes, Svartsengi, Krísuvík og Hengil virðist eðlilegt að virkja fremur til annarra hluta, sökum betri nýtingar á orku þeirra með því móti.

Háhitasvæðin eru sem kunnugt er bundin við aðalgosbelti landsins, og falla því öll undir flokkinn "innan áhrifasvæðis gosbeltisins" í þeirri greiningu, sem rakin var hér að framan. Af þeirri ástæðu og eins vegna hins, að reynsla af viðbrögðum háhitasvæðis við samfelldri vinnslu er ennþá takmörkuð hér á landi, er að mínum dómi rétt að fara fram með nokkurri gát í virkjun þeirra til raforkuvinnslu. Heppilegt virðist, að skipuleggja uppbyggingu raforkukerfisins á þann veg, að á hverjum tíma sé hlutdeild jarðhitans í raforkuvinnslu hvers samtengds svæðis lítil, svona 10-15 %, í fyrstu og um nokkurt skeið, meðan reynsla er að fást. Þar eð stórar jarðgufustöðvar eru hagkvæmari en minni, að öðru jöfnu, táknar þetta, að jarðgufustöð ætti annaðhvort að reisa fyrst á stærsta samtengda kerfinu, hér sunnanlands, eða á Norðurlandi eftir tengingu þess landshluta við Suðurland, en ekki á undan henni.

3. Staða orkurannsóknanna nú og nauðsyn meiri hraða í þeim

Orkustofnun hefur sem kunnugt er haft með höndum rannsóknir á orkulindum landsins nú um allan langt skeið. Þar hefur fyrst og fremst verið um að ræða svonefndar forrannsóknir, en með því orði er átt við rannsókn, sem miðar að því að kanna efnahagslega virkjunarhæfni virkjunarstaðar, sæmilega rækilega, en sem ekki er nægilega ítarleg sem undirstaða hönnunar í smáatriðum eða framkvæmda.

Segja má, að framangreint heildarsjónarmið hafi ráðið stefnunni í rannsóknum Orkustofnunar á orkulindum landsins. Rannsakadir hafa verið virkjunarstaðir í öllum landshlutum, með megináherzlu á þeim stöðum, sem álitlegastir hafa þótt um hagkvæmni, án mikils tillits til legu þeirra á landinu.

Um virkjunarrannsóknir hefur svo oft áður verið rætt hér á fundum og þingum SÍR, að ég leiði það hjá mér nú að rekja í hverju þær eru fólgnar. Síðar verður vikið að vissum verkefnum innán þeirra, sem minna hefur verið sinnt hingað til en ýmsum öðrum, og ekki hefur áður verið rætt mikið um.

Forrannsóknum á vatnsorku er misjafnlega langt komið eftir landshlutum. Lengst er þeim komið á Suðurlandi, og um miðbik Þjórsársvæðisins, þ. e. á neðri hluta Tungnaár og við Þjórsá niður fyrir Búrfell, má þeim að heita lokið að undanskildum umhverfisrannsóknum, einkum í Þjórsárverum. Við Hvítá eru þær vel á veg komnar, þótt nokkuð sé ógert. Við Þjórsá neðan Búrfells, Skaftá og fleiri ár á Suðurlandi er allmikið eftir.

Á Norðurlandi hefur mikið verið unnið við Laxá og Jökulsá á Fjöllum og sér þar vonandi hilla undir lok forrannsókna áður en langt um liður. Á vestanverðu Norðurlandi, þ. e. í Skagafirði og við Blöndu, eru rannsóknir nokkru skemmra komnar en þó vel á veg.

Á Austurlandi, næst þrjú hluta landsins, eru rannsóknir vel hafnar, en þar er þó mikið verk eftir.

Árið 1969 sendi Orkustofnun stjórnvöldum áætlun um að ljúka forrannsóknum á bæði vatnsorku og jarðhita, á fimm árum, 1970-74, og var þá áætlað, að það myndi kosta um 500 Mkr. (bæði vatnsorka og jarðhiti, þar með talinn jarðhiti til annarra nota en raforkuvinnslu). Skemmst er frá að segja, að þeim hraða hefur ekki verið haldið og vantar mikið á. Ég ætla hér ekki að reyna að gizka á hvenær forrannsóknunum muni ljúka, enda hefur framangreind áætlun ekki verið endurskoðuð ennþá.

Jafnan hafa verið uppi nokkuð mismunandi sjónarmið um það, hver væri hæfilegur hraði í þessum forrannsóknunum. Þegar áður nefnd áætlun kom fram töldu ýmsir ekki liggja svona mikið á. Lengi má sjálfsagt um það deila, en ég vil í þessu sambandi minna á, að við virkjunarframkvæmdir nú um nokkurt skeið hefur verið nokkuð örðugt að velja á milli virkjunarstaða sökum þess, að sjaldnast hafa fleiri en einn eða í hæsta lagi tveir verið það langt á veg komnir í rannsókn, að þeir kæmu raunverulega til greina. Valið hefur því orðið að fara fram á mun veikari grunni rannsóknarlega séð en æskilegt hefði verið. Ef við viljum geta valið til virkjunar staði í mismunandi landshlutum; ef við viljum geta valið milli þess að virkja á gosbeltinu eða utan þess, þá verðum við hið fyrsta að komast úr þeirri tímakreppu, sem við erum í. Í þessu sambandi ber að hafa í huga hinn langa undirbúningstíma virkjana, sem nú þykir hyarvetna nauðsynlegur, ef undirbúningi á að haga í samræmi við nútíma kröfur. Og þau viðhorf í umhverfismálum, sem nú eru víðast að koma upp, munu enn lengja hann. Við skulum geta að því, að um þessar mundir erum við í reynd að taka ákvörðun um það, hvar verður virkjað upp úr 1980, eftir því hvaða staði við rannsókum nú, og hverja ekki. Þeir staðir, sem nú eru látnir órannsakaðir munu ekki koma til greina þá. Ef við viljum tryggja okkur valfrelsi í þessum efnum á næsta áratug, verðum við að hraða rannsóknum á yfirstandandi áratug þó nokkuð frá því sem verið hefur.

Af þeim háhitasvæðum, sem bezt henta til raforkuvinnslu, er Námafjall bezt rannsakað, en þar næst líklega Krafla. Torfajökulssvæðið, sem er orkumesta háhitasvæði landsins, hefur einnig verið nokkuð rannsakað, en þó minna. Horfur virðast góðar á því, að frá öllum þessum svæðum, og kannske fleirum, megi fá alíka ódýra raforku og frá hagkvæmum vatnsaflsvirkjunum.

Önnur hugsanleg háhitasvæði til raforkuvinnslu, svo sem Kerlingarfjöll, Hveravellir eða Þeystareykir, eru að mestu ókönnuð.

Nú sem stendur hefur Orkustofnun í athugun 55 MW jarðgufustöð, og er sú athugun framhald annarrar, sem gerð var á hagkvæmni allt að 16 MW stöðvar. Þess er vænt, að 55 MW stöðin verði mun hagkvæmari. Slíka stöð mætti aðstæðna vegna reisa hvort heldur sem er á Námafjalls eða Kröflusvæðinu; við Þeystareyki eða við Torfajökul, og kannske víðar.

4. Ný verkefni í orkurannsóknum

Ég sagði áðan, að á þingum og fundum SÍR hefði það oft sinnis verið rakið í hverju orkurannsóknirnar eru fólgnar (jarðfræðirannsóknir, vatnamælingar o. s. frv.), og að ekki væri ástæða til að endurtaka

það. En verkefni breytast í þessum rannsóknum, eins og öðrum, og því vil ég hér minnast á nokkur ný verkefni, sem áður hefur lítt eða ekki verið rætt um.

4.1 Umhverfisrannsóknir

Ég þarf ekki að rekja hér þá breytingu á viðhorfum í umhverfismálum, sem orðið hefur að heita má um allan heim, nú á allra síðustu árum - hún er ykkur öllum vel kunn. Þessi breyttu viðhorf snerta einnig mjög nýtingu vatnsorku og jarðhita. Nú er það að vísu svo, að vinnsla raforku úr vatnsaflum mengar hvorki loft né vatn og verður því að teljast sú hreinlegasta vinnsluáferð raforku, sem til er. Svipað gildir um vinnslu úr jarðvarma, en þar getur þó orðið við svonefnda varmamengun að stríða, þ.e. óæskilega hitun vatns og hugsanlega efnamengun líka, ef djúpvatnið hefur verulega aðra efnasamsetningu en yfirborðsvatnið í nágrenni borholanna. En virkjun vatnsorku, einkum í stórum stíl, getur þó haft veruleg áhrif á umhverfið og stundum raskað því jafnvægi, sem fyrir er. Hún hefur einnig oft áhrif á möguleikana til að nýta vatnsfall og vatnasvið þess í öðrum efnahagslegum tilgangi, svo sem til veiða, samgangna eða búskapar. Slík áhrif á að mega meta til fjár og bera saman við ávinninginn af orkuvinnslunni. Ördugra er að meta til fjár þær breytingar, sem að öðru leyti kunna að verða á náttúru umhverfisins. Það má t.d. meta verðmæti 200 stangveiðidaga, sem árlega kunna að fara forgörðum vegna virkjunar, en hvernig á að meta það, ef gæsavarp í Þjórsárverum rýrnar um helming eða merkilegt rústasvæði eyðileggst eða tiltekinni plöntu- eða dýrategund er með öllu útrýmt. Um gildi slíkra áhrifa verða ávallt skiptar skoðanir; sumir kunna að telja viss gildi jákvæð, sem aðrir telja neikvæð.

Það, sem kannske öllu öðru fremur gerir umræður um slík umhverfisáhrif ördugar, er það, að í mörgum tilvikum vita menn ekki - með kannske örlitlum ýkjum sagt - hvað þeir eru að tala um, og enn síður meina tveir menn það sama með sama orðinu. Á þessum sviðum er svo ákaflega mikið um illa skilgreind hugtök, einstaklingsbundin og huglæg, og ördugt er að koma við tilgreiningu á stærðum eða magni.

Við þetta bætist svo, að oftast eru þessi hugsanlegu áhrif virkjunar á vistkerfi sitt ákaflega lítt þekkt, og jafnvel sjálft vistkerfið, í sínu náttúrulega ásigkomulagi, er heldur ekki þekkt. Þannig var ástatt um Þjórsárver til dæmis, og er að miklu leyti enn.

Meðan svo er hafa umræður um þessi mál kannske helzt þann tilgang að þjálfar menn með mismunandi viðhorf í því að tala saman, án þess að komast sífellt upp á háa C. Ég skal flýta mér að taka fram, að það tel ég þó afar mikilvægan árangur. Það er nauðsynlegt - en að vísu ekki fullnægjandi - skilyrði fyrir lausn málsins.

Mjög aðkallandi er að bæta úr þessum þekkingarskortum með rannsóknum á umhverfi væntanlegra orkumannvirkja. Það þarf að kanna umhverfið í sínu náttúrulega ástandi, og einnig sjálft vistkerfi þessa umhverfis, þ.e. það þarf að rekja hvernig einstakir þættir umhverfisins verka hver á annan og hvernig þeir í sameiningu mynda starfræna heild, kerfi. Því miður er hin svonefnda vistfræði, eða ökologia, enn ekki svo þróuð vísindagrein, að hún geti lýst vistkerfum með neitt nándanærri þeirri nákvæmni, sem tæknimenn eiga

að venjast um tæknileg kerfi. Af þessu leiðir, að sem stendur er örðugt að segja fyrir um áhrifin af mannvirkjum á vistkerfið, jafnvel þótt núverandi ástand þess sé sæmilega þekkt. Fyrir þessum vanda finna menn nú um allan heim, og á öllum sviðum umhverfismála, og er langt frá því, að áhrif vatnsaflsvirkjana séu þar örðugust viðfangs. Mjög mikið er því gert til að ráða fram úr honum víðs vegar um heim, og vistfræðin, og þá ekki hvað sízt vistkerfisfræðin, tekur örum framförum.

Umhverfissrannsóknir eru þegar orðnar fastur liður í orkurannsókn-um Orkustofnunar, og þær munu vafalaust aukast mjög á næstunni. Enn sem kómið er eru þær aðeins hafnar í Þjórsárverum, þar sem þær hafa staðið síðan 1970, en eru lítillega byrjaðar, eða að byrja, á ýmsum svæðum öðrum. Fram að þessu hefur eingöngu verið unnið að söfnun gagna og úrvinnslu úr þeim, og er enn mikið verk þar óunnið. En nú kemur að því, að það verður að snúa sér að sjálfu vistkerfi Þjórsárvera og reyna að búa sér til einhvers konar eftirmynd, eða líkan, af því. Einmitt nú þessa dagana er hér staddur bandarískur sérfræðingur í kerfisvistfræði til fyrirlestrahalds við Háskólann. Í sambandi við þá fyrirlestra heldur hann vinnufundi með ýmsum íslenskum sérfræðingum, þar sem ætlunin er að taka til meðferðar frumdrög að hugsanlegu vistlíkani af Þjórsárverum.

Markmiðið með umhverfissrannsóknunum á helzt að vera það að gera mögulegt að segja fyrir með nægjanlegri nákvæmni um áhrif mannvirkis á vistkerfi það, sem því er ætlaður staður í. Hvað er nægjanleg nákvæmni fer mjög eftir aðstæðum. Sjálfsagt líður nokkur tími, unz þessu markmiði verður náð að fullu, en hér, sem oftast, gildir, að nokkur árangur er betri en enginn. Vel er hugsanlegt að hafa megi verulegt gagn jafnvel af mjög einfölduðum vistkerfislíkunum. Með eftirlíkingu á slíkum líkunum má þá gera sér hugmyndir um áhrif mannvirkis í einstökum atriðum. Að þessu verður að vinna af fullum krafti.

En umhverfismál orkumannvirkja eiga sér fleiri hliðar en hina hlutlægu, sem kanna má með rannsóknum. Þar á meðal eru sálrænar eða mannlegar hliðar. Mjög áriðandi er að menn með ólík viðhorf geti rætt þessi mál í ró og næði og kynnst viðhorfum hvers annars, aður en hiti er hlaupinn í málið og orð fallin, er betur væru ósögð. Með því má koma í veg fyrir misskilning, mistúlkun eða villandi umtal, sem örðugt eða nær ógerlegt getur verið að leiðrétta. Slíkar umræður þurfa því að hefjast á frumstigi virkjunarrannsókna. Stórt skref að þessu marki var stigið nú í desember síðastliðnum (1972), er iðnaðarráðherra og Náttúruverndarráð skipuðu samstarfsnefnd þessara aðila um orkumál, með þremur fulltrúum frá hvorum. Samstarfsnefndin hefur þegar haldið nokkra fundi, þar sem rædd hafa verið ýmis umhverfisáhrif hugsanlegra virkjana; mál, sem hingað til hafa lítt eða ekki verið rædd opinberlega, og eru a. m. k. enn ekki orðin deilumál. Mér sýnist starf þeirrar nefndar lofa góðu. Það getur verið mikilvægara en margur heldur, að ræða mál af þessu tagi í tíma, jafnvel þótt framkvæmdir virðist langt undan. Þetta er enn eitt dæmi um mikilvægi þess að vera snemma á ferðinni með virkjunarrannsóknir og virkjunarundirbúning.

4.2. Kerfisrannsóknir

Annað nýtt eða nýlegt viðfangsefni innan orkurannsóknanna eru hinar svonefndu kerfisrannsóknir, eða kerfisgreining (systems analysis). Eins og kunnugt er starfa orkuver yfirleitt samtengd nú á tímum, a. m. k. innan vissra svæða. Það tákna, að rekstur eins orkuvers hefur áhrif á rekstur hinna, og þau, ásamt tilheyrandi flutningskerfi, mynda starfræna heild, kerfi. Við allar athuganir á nýjum virkjunum verður að taka þetta með í reikninginn, og skoða þær ekki hverja út af fyrir sig, heldur ásamt með þeim, sem fyrir eru. Þetta krefst nokkuð annarra rannsóknaraðferða en ella eru tíðkaðar.

Hluti þessara kerfisrannsókna eru svonefndar aðgerðarrannsóknir á rekstri vatnsaflsstöðva í samrekstri, í því skyni að ákvarða viðbót hvernar um sig við orkuvinnslugetu kerfisins. Þessar aðgerðarrannsóknir tók Orkustofnun upp hér á landi 1966 eftir fyrirmyndum frá Noregi og Svíþjóð, eftir að sérfræðingar þaðan höfðu dvalizt hér á vegum Sameinuðu þjóðanna, m. a. í því skyni. Síðar hafa þær verið fastur liður í virkjunarrannsóknum stofnunarinnar.

Þess er áður getið, að eðlilegast sé að líta á vatnsorku landsins nokkuð sem eina heild í skipulagi orkurannsókna og gera ráð fyrir að öflugt orkuflutningskerfi nái smám saman um meginhluta landsins. Þessi háttur gerir meiri kröfur til aðgerðarrannsókna en áður, m. a. þarf nú að athuga samrekstur orkuvera í mismunandi landshlutum, þar sem flutningsgetan á milli er takmörkuð. Nú er unnið að slíku kerfislíkani fyrir Orkustofnun, og nokkrar athuganir hafa verið gerðar á samrekstri virkjana norðanlands og sunnan, um fyrirhugaða tengilínu.

Aðkallandi er að rannsaka og bera saman ýmsa möguleika í uppbyggingu sjálfs flutningskerfisins, sem er að segja má kerfi út af fyrir sig í þessu samhengi. Kanna þarf flutningsgetu og staðfestu og fleiri rekstrareiginleika þessa kerfis, með útreikningum og eftirlíkingum. Mikil nauðsyn er á að vinna hér vel fyrir sig fram, þannig að einstakar framkvæmdir geti verið hluti af heilsteyptri áætlun.

Einn er sá þáttur varðandi slík samtengd raforkukerfi, sem mjög er aðkallandi að sinna meira en gert hefur verið, en það eru öryggismál þeirra og varaafslþarfir á hinum ýmsu stöðum. Framan af, meðan flutningskerfið er mjög einfalt, er oftast ekki um margt að velja í slíkum efnum (t. d. meðan "kerfið" er í megindráttum ein flutningslína milli tveggja staða). En strax og það verður margbrotnara, vex fjöldi þeirra tilvika og möguleika, sem skoða þarf alveg gífurlega, og þá er óhjákvæmilegt að viðhafa kerfisbundin vinnubrögð. Þetta er dæmigerður þáttur kerfisrannsókna.

Ég vil hér einnig nefna annan þátt, eða þætti, af öðru tagi þó. Þar á ég við áhrif þau, sem nýting orkulindanna hefur, eða getur, haft á þjóðfélagið í heild, ekki hvað sízt efnahagslega, en einnig að ýmsu öðru leyti. Hversu hratt kemur til mála, að við nýtum orkulindir okkar; hvaða þættir eru það einkum, sem takmarka þann hraða; á hvern hátt takmarka þeir hann. Hvaða áhrif hefur það, ef takmarkandi áhrif eins þáttar eru fjarlægð? Hvernig getur nýting orkulindanna fallið inn í atvinnumynztur landsins á sem heppilegastan hátt? Slíkra spurninga má lengi halda áfram að spyrja.

Viðfangsefnum af þessu tagi, sem vel má líta á sem þátt í orkurannsóknnum, hefur Orkustofnun mjög lítið sinnt til þessa. Hún hefur þó rætt þau nokkuð við sérfræðinga í efnahagsmálum. M. a. hefur verið rætt um gerð líkans af ýmsum þáttum efnahagslífsins, er einkum snerta orkumál, er síðar mætti gera eftirlíkingar á af ýmsum orkunýtingarvælkostum. Þetta er vissulega hluti af kerfisrannsóknnum, því að hér er um marga samverkandi þætti að ræða, sem í heild sinni mynda kerfi.

Áður var minnst á hugsanlega greiningu vistkerfa með eftirlíkingu á líkani af þeim. Þar er um kerfisrannsókn að ræða.

Við sjáum, að kerfisrannsóknir geta spannað yfir vít svið. Um mörg kerfi er að ræða. Við höfum rætt um vistkerfi það, sem virkjun er sett í, og verður með vissum hætti, hluti af; um kerfi virkjananna sjálfra, sem rennsliehættir fallvatnanna tengja saman, um orkuflutningskerfið, er flytur orkuna til notenda, og loks um orkunotendurna sem hluta þjóðfélagskerfisins. Öll þessi kerfi eru "samtengd" í þeim skilningi, að þau eru hvert um sig undirkerfi í stærri heild, allsherjarkerfi. Kannske verður, áður en langt um líður, nauðsynlegt - og þá vonandi einnig mögulegt - að beita kerfisrannsóknnum á þetta heildarkerfi - allt frá áhrifum orkumannvirkja á umhverfið yfir hin. tæknilegu kerfi virkjana og flutningslína og yfir hinn efnahagslega ávinning, af þeim yfir í hið félagslega - áhrifin á samfélagskerfið. Mér sýnist umhverfisumræðurnar í heiminum m. a. benda til þess, að svona víðfeðm heildarsýn og heildarskoðun verði brátt nauðsynleg.