



Gögn er varðar störf vinnuhóps um vetni og
vetnissambönd

Jón Steinar Guðmundsson, Gunnlaugur Jónsson,
Bragi Árnason, Jóhann Már Maríusson

Greinargerð JSG-GJ-BÁ-JMM-80/03

Gögn er varðar störf vinnuhóps um vetni og vetrnissambönd

Á vegum vinnuhóps um vetni og vetrnissambönd er ráðgert að gefa út álitagerð og nokkrar skýrslur. Plögg þessi hafa að geyma heimilda-skrár er sýna margar þeirra heimilda sem vinnuhópurinn hefur stuðst við í störfum sínum. Vegna áframhaldandi starfsemi á sviði tilbúins eldsneytis þykir rétt að halda saman þeim gögnum og upplýsingum sem aflað hefur verið. Þess vegna eru birt hér nokkur plögg sem geta komið að gagni við frekari athuganir á innlendri eldsneytis-gerð.

1. "Norræn samvinna um ný brennsluefní: Fundur í Stokkhólmi 27.apríl 1979". JSG maí 1979.
2. "Production and utilization of synthetic fuels and electric cars in USA: A report on a study-travel 20 April to 9 June 1979". BÁ & JMM júlí 1979.
3. "Ál eða eldsneyti". GJ ágúst 1979.
4. "Frekari heimildir um eldsneytismál". JSG maí 1980.

Út hafa komið tvær ferðaskýrslur (JSG maí 1979 JSG & RP desember 1979) í tengslum við störf vinnuhópsins. Þessar skýrslur hafa að geyma rækilega skrá yfir þær heimildir er aflað var í ferðunum. Þessar heimildir eru í vörslu JSG og getur hver sem er fengið að skoða þær. Í álitagerð vinnuhópsins (BÁ,GJ,JSG,RP maí 1980) er heimildaskrá sem sýnir helstu gögn er hópurinn notaði. Flest þessara gagna eru í vörslu JSG, en aðrir meðlimir vinnuhópsins hafa líka eintök. BÁ skrifar sérstaka skýrslu fyrir vinnuhópinn um framleiðslu og notkun vetrnis og vetrnissambanda í stað núverandi eldsneytis. Þessi skýrsla verður gefin út á svipuðum tíma og álitagerð vinnuhópsins. Skýrslan hefur að geyma um 100 heimildir og er besta samantektin á þeim gögnum sem vinnuhópurinn hefur notað. BÁ o.fl. geyma eintök af þessum heimildum.

Norræn samvinna um ný brennsluefni:
Fundur í Stokkhólmi 27. apríl 1979

Jón Steinar Guðmundsson

Mai 1979

Norræn samvinna um ný brennsluefni: Fundur í Stokkhólmi 27. apríl 1979

1. Inngangur

Að tilhlutan Svensk Metanolutveckling AB (SMAB) var efnt til "Conference for the Constitution of a Scandinavian Cooperation Within the Field of Synthetic Fuels" í Stokkhólmi 27. apríl 1979. Um 80 manns frá Norðurlöndunum (aðallega) sötti þennan fund. Frá Íslandi mættu Finnbogi Jónsson úr Iðnaðarráðuneytinu og undirritaður sem fulltrúi Orkustofnunar.

SMAB er "ríkisfyrirtæki" (80% Studsvik Energiteknik, 10% Statsföretag og 10% Volvo) sem var stofnað 1975 til að standa fyrir rannsóknar- og þróunarstarfsemi á metanóli sem eldsneyti. Í tengslum við SMAB starfar óformlegur vinnuhópur (Kaupmannahafnarhópurinn) sem í eru fulltrúar fyrirtækja og stofnana frá Norðurlöndunum (nema Finnlandi og Íslandi), Þýskalandi, Hollandi og Bretlandi er hafa áhuga fyrir metanóli og öðrum brennsluefnum. Hópurinn kemur saman nokkrum sinnum á ári til að ræða ýmis mál er varða ný brennsluefni. Fundurinn í Stokkhólmi var m.a. boðaður til að athuga hvort grundvöllur væri fyrir því að breyta eða útvíkka þá starfsemi og samvinnu sem nú þegar á sér stað. Vegna fundargesta frá löndum utan Norðurlanda var fundarmálið enska.

2. Fundurinn

Fundargestum var skipt í 5 umræðuhópa sem ræddu: Fuels and lubricants; Engine development and fuels system; Production of methanol; Distribution, market introduction; Environment, health and safety. Finnbogi tók þátt í umræðunum um dreifingu en undirritaður um framleiðslu. Fyrir hádegi ræddu hóparnir tæknileg atriði síns hóps en eftir hádegi hugmyndir að norrænni samvinnu um ný brennsluefni. Eftirmiðagsumræðurnar snérust um: Definition of national goals; Definition of goals for cooperation/coordination; Formulation of cooperation/coordination; Proposals for action. Formenn umræðuhópanna skýrðu öllum fundargestum frá helstu niðurstöðum síns hóps bæði fyrir og eftir hádegi.

Það er skoðun undirritaðs að fundurinn hafi verið illa skipulagður því mjög lítið var um góðar umræður. Það má segja að fundurinn hafi verið of skipulagður. Auk þess mátti heyra á fólk að það væri litill grundvöllur fyrir

samvinnu því orkubúskapur Norðurlandanna væri svo ólikur nema þá í Svíþjóð og Finnlandi. Þó svo að litið hafi komið út úr umræðunum var nóg af hæfu fólkis til að leggja orð í belg. Þar lögðust á eitt slæmt skipulag (ofskipulag) og takmarkaður grundvöllur fyrir samvinnu.

Í umræðuhópi undirritaðs var gengið á línum og einn frá hverju Norðurlandanna útskýrði stöðuna í orkumálum heimafyrir og greindi frá afstöðu sinni til metanóls og nýrra brennsluefna. Undirritaður sagði frá vinnuhópi Orkustofnunar um vetni og ný brennsluefni og rakti ástæðuna fyrir áhuga okkar fyrir því að nýta innlendar orkulindir sem enn væru litið notaðar. Afstaða Svíþjóðar kemur vel fram í ársskýrslu SMAB frá 1978 sem var lögð fram á fundinum. Skýrslan "Methanol as Motor Fuel" er 76 bls. og fáanleg á bókasafni Orkustofnunar. Þeir hafa mikinn áhuga á að blanda metanóli í bensín og dieseloliú til að minnka oliuinnflutning og draga úr verðsveiflum og erfiðleikum vegna tímabundis skorts. Metanólið verða þeir að framleiða sjálfir úr innlendum hráefnum eða flytja það inn. Þeir tala um að framleiða metanól úr dreggjunum frá oliuhreinsunarstöðvum. Finnar hafa mikinn áhuga á að framleiða metanól úr innlendum mó. Þeir hafa gert tilraunir þar að lútandi og telja þær hafa tekist vel. Þeir flytja inn 72% (1978) af heildarorkunotkuninni. Á seinusta ári unnu þeir 6 milljónir rúmmetra af mó sem jafngilda 600.000 tonnum af oliu. Mikil var talað um að Finnland og Svíþjóð hefðu svipuð orkuvandamál.

Allt annað hljóð var í þeim frá Noregi og Danmörku. Í Noregi hafa þeir áhuga fyrir metanóli til þess að losna við blýið úr bensíninu. Metanólið er því "umhverfisvandamál" en ekki "orkumál". Undirrituðum fannst norðanmennirnir hafa hitt naglann á höfuðið. Enda áttu þeir SMAB-menn í sífellum erfiðleikum að útskýra þá stefnu sem þeir vinna eftir í Svíþjóð. Með því að blanda 15-20% metanóls í bensín eykst octan-talan það mikið að blý verður ekki nauðsynlegt. Í Danmörku hefur litið verið gert í metanólmálum og engar sérstakar hugmyndir á lofti þar að lútandi. Í umræðum kom fram að Sviar horfa hýru auga til borana Norðmanna fyrir norðan 62. breiddarbaug en þar telja menn að von sé á miklu jarðgasi. Þetta jarðgas mætti nota til metanólframleiðslu. Danir eru ekki með neinar hugmyndir um að framleiða metanól úr sinu jarðgasi frá Norðursjónum.

3. Metanolrannsóknir

Svensk Metanolutveckling AB hefur staðið fyrir miklum rannsóknum og prófum á notkun metanóls í farartækjum. Skýrsla SMAB sem lögð var fram á fundinum greinir frá því helsta sem þeir hafa gert. Þessar tilraunir hafa sýnt að auðvelt er að nota 15-20% metanolblöndu á þær bensínvélar sem tilökast í dag og hægt er að keyra dieselvélar á allt að 85% metanolblöndu.

Til þess að keyra venjulega bensínvél á 15-20% metanolli þarf lítilla breyttinga við. Nú eru að hefjast í Svíþjóð prófanir á um 50 einkabilum sem keyra á 15% metanolblöndu. Settar verða upp þrjár bensíndælur með metanolblöndu þar sem "venjulegu" bílarnir fá á tahninn. Hugmyndin er síð að prófa hvernig hlutirnir (dreifikerfið, bensinstöðin, bílarnir) haga sér í reynd þegar venjulegir ökumenn nota metanolblöndu á bílana sína. Takist þetta vel á að útvíkka þessar prófanir til um 500 bíla.

Til þess að geta notað metanolblöndu á dieselvélar hafa þeir SMAB-menn þurft að þráa nýja tækni. Það er "dual" eldsneytiskerfi. Metanol springur alls ekki við þjóppun eins og dieselolia gerir. Þeir leysa þetta vandamál með því að hafa tvöfalt eldsneytiskerfi. Í Hægagang brennir vélin aðeins dieseloliu. Við meira álag er metanol spýtt inn í brennsluhólfíð um leið (eða rétt á eftir) og dieselolian springur. Metanollið getur þannig skaffað þá orku sem þarf umfram hægagang - en dieselolian er alltaf til staðar til að koma sprengingunni af stað. Dieselvélar hafa verið keyrðar með 85% metanolblöndu með góðum árangri.

4. Niðurstöður

Ein helsta niðurstaða fundarins var síð að ekki þætti ástæða til að breyta núverandi fyrirkomulagi um samvinnu. Lagt var til að Kaupmannahafnarhópurinn yrði áfram brenniddepill norrænnar samvinnu á svíði nýrra brennslu-efna. SMAB-fólkioð ætlaði að taka saman það helsta sem fram kom á fundinum og senda fundarmönnum. Það kom fram hjá fjölda fundargesta að fundurinn hafði verið gagnlegur til að kynnast einstaklingum sem vinna að þróun eldsneytismála á Norðurlöndum.

Undirritaður telur að viss innsýn hafi fengist inn í þessi metanolmál á Norðurlöndum. Svo virðist sem Noregur og Svíþjóð stefni í þá átt að losna

við blý úr bensini með því að blanda 15-20% metanóls í staðinn. Lög þar að lútandi bíði bara þess tíma að tæknin (dreifning og notkun) sé þróuð og reynd við eiginlegar aðstæður. Þetta metanól verði innflutt eða framleitt úr oliurestum í Svíþjóð og hugsanlega gasi í Noregi.

Hvað ísland varðar telur undirritaður það afar mikilvægt að Svíþjóð sé að þráa og prófa þá tækni sem gerir okkur mögulegt að brenna metanóli í dieselvélum. Sýni niðurstöður vinnuhóps Orkustofnunar um vetni og ný brennsluefnri að það sé hagkvæmt að framleiða metanól innanlands getur það skipt öllu máli fyrir báta og togaraflotann að brennslutæknin sé fyrir hendi. Það sama má segja um bensínvélarnar. Undirritaður leggur til að sem mest samband verði haft við Svensk Metanolutveckling AB og Kaupmannahafnarhópinn til að fylgjast með framþróun þessara mála á næstu árum.

Mai 1979

Jón Steinar Guðmundsson

PRODUCTION AND UTILIZATION OF
SYNTHETIC FUELS AND ELECTRIC CARS IN U.S.A.

A report on a study-travel
April 29th - June 9th 1979

Financed by
The Independence Foundation
and
The National Power Company, Iceland

Organized by
The Eisenhower Exchange Fellowships Inc.

BRAGI ÁRNASON, UNIVERSITY OF ICELAND.
JÓHANN MÁR MARISSON, NATIONAL POWER COMPANY, ICELAND.

REYKJAVIK
JULY 1979

1. Foreword

This report contains a summary of information and impressions obtained on a study tour to the United States that we, the undersigned, undertook in the period April 29th-June 9th, 1979. The purpose of the tour was to study the present state of the art of manufacturing synthetic fuels and electric cars with the main emphasis on the former. The study tour also encompassed visits to the chemical departments of three universities to learn about their undergraduate chemistry programs.

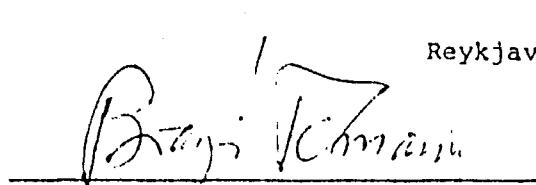
The study tour was funded by the Independence Foundation, Philadelphia and the National Power Company, Iceland and was organized by the Eisenhower Exchange Fellowships, Inc. (EEF).

The whole excursion proved to be very instructive and the valuable information gathered will be useful in our future work. We were able to make personal contacts with scientists, engineers and other experts which undoubtedly will result in further exchange of information and collaboration in the future. The tour also gave us a unique opportunity to get to know the American people and the country.

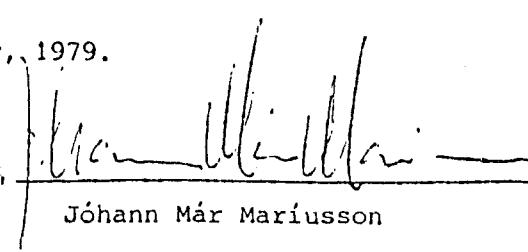
We are very grateful to the numerous people that helped to make our tour successful. We are especially grateful to Mrs. Marguerite Perrone, the program officer, and Mr. Nicolas Ludington, the executive director of the EEF for the extremely well organized tour. We also want specifically to thank the Icelandic selection committee under the chairmanship of dr. Jóhannes Nordal, for having nominated us for the study tour and the committee's administrative secretary Ms. Ágústa Johnson, who put a great effort in her endeavour to make our tour as successful as possible. At last but not least, we want to thank the Independence Foundation under the presidency of Mr. R. Maes and the National Power Company, Iceland for providing the necessary funds and making the study tour possible.

In the following our more detailed account of the information and impressions obtained during the tour is given.

Reykjavik, July, 1979.



Bragi Arnason



Jóhann Már Mariusson

2. Production of synthetic fuels

Iceland possesses no fossil energy sources, except for peat and small amounts of lignite. On the other hand, it is relatively rich in the renewable energy sources, hydropower and geothermal energy. The hydroelectric power potential available in the country has been estimated to be approximately 30 TWh/year, of which only 10% have now been utilized. The power potential of geothermal energy has not been fully assessed but it is believed that this energy source can yield at least another 20 TWh/yr of electricity as well as provide vast amount of energy for domestic heating and process heat for industry.

In spite of the fact that only a small fraction (less than 10%) of the available power potential has been utilized, Iceland imports oil and gasoline amounting to approximately 50% of the total energy consumption of the country. In the year of 1978 some 600,000 tons of refined oil products (4.4 million barrels) were imported. In value, about 12% of the total imports of the nation in that year was fuel. In 1979 this value is expected to be much higher (approximately 25%).

Technically the energy sources available in Iceland could be used to produce fuel, which could substitute for the presently imported fuel. Electricity can be used to produce hydrogen from water. The hydrogen could then either be used directly as fuel or it could, together with some carbon species e.g. carbon dioxide from seashells, carbon from peat or from imported coal, be converted to methanol, gasoline, or some other types of fuel. Until recently such synthetic fuels would have been much more expensive than imported fuel. Rising oil prices as well as recent developments in the production of hydrogen and other hydrogen based fuels, however, indicate that this will probably not be the case much longer.

Many of the world's leading experts in the production and utilization of synthetic fuels are working in the United States. On our trip to U.S.A. we were able to visit many of the institutions where these experts are working and to meet them personally.

The main conclusions which we have been able to draw from the information we gathered are as follows:

There is no doubt in our mind that with the already available techniques it is possible to produce synthetic fuels in Iceland in sufficient amount to fulfill the nation's fuel demand. However, the economics of such an undertaking have to be studied further as discussed later in this report.

The simplest fuel to make in Iceland and most likely also the cheapest one is hydrogen, which can be produced electrolytically. Due to its high energy content and low pollution, hydrogen seems to be one of the most attractive fuels of the future. However, liquid hydrocarbon fuels appear for various reasons to be the most fitting near term solution.

At present there is a significant research effort in the United States in hydrogen storage and transmission, as well as in making conventional combustion engines run on hydrogen. Although the already obtained results are promising, there are still various problems to be solved before hydrogen can be considered as a convenient fuel, especially in the transportation sector. The most serious problems seem to be in the storage of hydrogen, both on a large and a small scale e.g. in boats, land vehicles, and aircraft. Hydrogen needs storage techniques, quite different from the ones used presently for liquid fossil fuels, and these techniques are still in the stage of development.

Most of the experts we met on our study tour expressed the belief that hydrogen is not going to be one of the main fuels for mankind until sometime in the next century. However, there is a possibility that because of the still growing interest in hydrogen research, the breakthrough for hydrogen as a fuel might come somewhat earlier than expected, especially in countries like Iceland with its potential to produce inexpensive hydrogen. We, therefore, think it strongly advisable that the proper authorities in Iceland should pay increasing attention to the worldwide development in hydrogen research.

According to our opinion the time is now ripe to initiate serious studies of the feasibility of producing synthetic fuels in Iceland. At present it seems most logical to concentrate on the possibility of producing hydrogen electrolytically and then to use this hydrogen, together with some carbon species, to produce liquid carbonaceous fuels. Such liquid fuels could, for example, be methanol, gasoline or some other liquid hydrocarbons (diesel fuel).

The two main carbon sources available in Iceland are CO₂ (from carbonate from the ocean or from the atmosphere) and elementary carbon from peat. From our discussion with experts at the Brookhaven National Laboratory and at the Institute of Gas Technology, Chicago, we understand that the technique to produce methanol, gasoline or some other liquid hydrocarbon fuels, by using hydrogen together with CO₂ or carbon from peat and coal, is already available. The question seems not to be whether it is technically possible, but rather which method is the most economic one. Without ruling out any other possibilities, it seems to us that peat could prove to be an economic carbon source for Iceland and that a study of this aspect should be emphasized.

In the years 1939-1940 extensive studies were made on the quality of the available peat resources in Iceland. The studies also involved loose estimates as to the quantity of the peat. From these studies it seems that Iceland possesses sufficient peat resources for production of synthetic fuels to cover the nation's demand for a long future. This, however, needs to be carefully assessed taking into consideration environmental aspects as well as other pertinent matters.

On a dry basis, Icelandic peat contains up to 64% carbon mostly in its elementary stage (oxidation stage zero). From the available information peat seems to have significant advantages over CO₂ as a carbon source for production of synthetic carbonaceous fuels. The carbon in the peat is relatively concentrated and mostly in its elementary form. In case that CO₂ were to be used, a considerable amount of energy would be used both to concentrate it from the ocean or the atmosphere, and to release it from the carbonate. The main advantage of peat over CO₂, however, seems to be the fact that due to the higher oxidation state of carbon in CO₂ (+4), than in peat (0), extra hydrogen will be needed to reduce the carbon in CO₂. This has to be kept in mind as the cost of hydrogen is the main cost factor in the production of synthetic fuels.

One further possibility to produce synthetic fuel in Iceland would be to import coal as a carbon feedstock. The Institute of Gas Technology has already carried out some studies where peat is used to produce synthetic natural gas and liquid hydrocarbons and has compared the results obtained to those obtained by using coal as carbon source. Their conclusion is that

5-

peat might even have some advantages over coal. Peat mining seems to cause less environmental problems than coal mining at the surface. Peat also seems to be an even cheaper carbon source (0.75 \$/GJ) than coal (1-2 \$/GJ). Peat appears to be a more reactive material than coal, which might result in less capital cost of fuel plants producing synthetic fuels from peat, than from coal. The total yield of fuel produced in gasification processes is higher for peat than for coal. The fraction of liquid hydrocarbons that can be obtained by such processes is much higher for peat.

In the classical gasification processes where coal or peat is converted to synthetic fuel, a part of the carbon content is used to produce hydrogen, which then reacts with part of the remaining carbon to produce synthetic fuel. The coal or peat thus both acts as a hydrogen and a carbon source. Here in this country the hydrogen can be produced electrically so that the peat is only needed as a carbon source. This raises the question whether it might even be more economic to use some kind of liquification processes instead of gasification processes to produce synthetic fuel in Iceland. In liquification processes the carbon is dissolved in organic solvents and then reacted with hydrogen at high pressure and temperature in the presence of a catalyst. After the solvent has been recovered from the solution, the resulting product is crude oil.

As already mentioned we are of the opinion that before peat can be used with hydrogen to produce synthetic fuels in Iceland on a large scale, much more detailed studies need to be carried out. With the present knowledge, however, this method seems to be rather promising, and we think that the immediate initiation of the necessary studies in this respect is fully justified.

As mentioned before, the use of hydrogen as a fuel will require storage techniques and distribution techniques quite different from the present ones used for liquid fuels and will also require modifications of the present power engines. The main advantage in production of liquid synthetic fuels are that the same distribution system and storage technique as presently used to distribute and store gasoline and diesel oil, can be used further without any significant changes. In the case that methanol will be produced,

the present engines used in boats and land vehicles can still be used with some modifications. In case that synthetic gasoline or diesel oil will be produced, the present transportation system will need no modification at all.

Hitherto in this report we have shied away from giving any numbers to indicate the price of the synthetic fuel that could be produced in this country, because we know that there are still too many unknowns for any reliable estimates to be made at present in this respect. However, we feel it is justified to illustrate the matter with the following example. Very loose estimations indicate that with the available technology it might be possible to produce gasoline in Iceland for approximately 480 \$/ton compared to 400 \$/ton we now (July 1979) have to pay for imported gasoline Cif unloaded in Iceland. The production cost of the synthetic fuel is derived assuming the price of electricity at 15 mills/kWh, the price of carbon feedstock at 2.5 \$/GJ (equivalent to approximately 70 \$/ton of coal), and a gasoline production plant of 1000 tons output per day. The very preliminary nature of the above comparison must be kept in mind and it is reemphasized that only a thorough feasibility study taking into account all aspects of the matter can yield the basis for a proper judgment on the desirability of making synthetic fuels in Iceland.

With regard to what is stated above and our other impressions from the tour, we have concluded that the possibility of making synthetic fuels in Iceland deserves the full attention of our nation. It is possible that at present it is still somewhat less expensive to import fuels from abroad, compared to producing the same in this country, but the difference now seems to be small and there are indications that the gap may close within the next few years. Therefore, our final conclusion is that time is now ripe to provide the necessary funds to initiate and complete feasibility study in the shortest possible time. We believe that the cost of such a study will be insignificant and fully justifiable considering the importance of the matter.

-7-

ELECTRIC CARS

The main advantages of electric cars over those run on fossil fuels are that electric cars use energy much more efficiently and that there are practically no pollution problems attached to their usage.

During the last few years there has been a world wide upsurge in the interest for electric cars and the viability of their substitution for the present conventional fossil fueled vehicles. The interest has been mainly concentrated on the possibility of running cars on electricity that do not require long operating range, like company cars or buses on short routes and family cars mostly for use within cities etc. This reflects the fact that present and proven technology will not provide such cars with an operating range on par with the present oil powered vehicles.

For a country like Iceland with abundant hydroelectric power and no oil deposits the electric car represents a special attraction since it could make it possible to substitute a significant part of the imported fuels with relatively inexpensive indigenous energy.

The U.S. government is now ardently supporting development programs and promoting the usage of electric cars and there are a number of companies in the USA that are actively working with the government or on their own on the development and production of electric cars. On our study tour, we were able to visit some of these companies and to meet government officials and technical experts working in this field. We were, also, able to visit some companies using electric cars.

Our main impressions from our visits and discussions relating to this matter are the following.

Electric cars are already replacing conventional combustion cars at a growing rate in some special fields, such as postal and park services and utility maintenance and there seems to be little doubt that electric cars will offer a viable transportation option on a much larger scale in the future. The question is, therefore, when and to what extent.

At present there is no mass production of electric cars in the United States. Most of the electric cars that have been built until now are prototypes or small fleets custom built, e.g. for the U.S. Post Office or

the National Park Service. All these cars are originally designed as gasoline cars, but have been modified to run on electricity from lead acid batteries. Most of these cars are built for special purposes and seem not to be attractive for general public use. There are very few companies at present in the United States that are making electrically driven family cars for sale to the general public. We visited one of these firms (Electric Vehicle Association Inc., Ohio) and saw the product. They are converting on a very limited scale a gasoline fueled car from American Motors (PACER, four passengers) to run on lead acid batteries. This car has the looks and comforts of conventional gasoline cars. It is familiar to operate and meets the U.S. federal safety standards. It has an acceleration of 0 - 30 mph in 13 seconds, maximum speed over 55 mph and an operating range of minimum 35 miles. These characteristics seem to be adequate for metropolitan driving. It takes approximately 8-10 hours to charge the batteries on 120 Volts electricity (4-5 hours on 220 Volts).

We obtained the following cost data on the above electric PACER. The purchasing cost of this car is \$ 13,800 Fob Cleveland, Ohio. The batteries (20 pieces weighing 700 kg altogether) cost \$ 1,400 per car and need to be replaced every two years. The cost of operation and maintenance (excluding capital cost) is 5-6 cents/mile. This figure includes cost of electricity, the changing of batteries, and all normal maintenance. The figure for the same type of car run on gasoline was said to be somewhere around 15 cents/mile. The above cost figures reflect the present price of gasoline, 40 mills/kwh for electricity and the present value of the dollar.

Regarding the future of electric cars, there seems to be a consensus among the people we talked to that for a long time to come the batteries in these cars will be of the lead acid type. This type of battery has been steadily improved over the years with regard to the energy storage capacity and durability. Also, there seems to be room for significant improvements yet, which are now diligently being worked on. The most advanced lead acid batteries commercially available weigh 30 kg and store approximately 1.2 kwh and cost about \$50. (Electric cars presently in use require between 0.22 and 0.35 kwh/tonmile.)

Long term studies on other types of batteries are being carried out, such as the alkaline types Nickel-Iron and Nickel-Zinc and the high temperature type Lithium - Sulfid and Natrium - Sulfid. These batteries will have greatly

improved energy/weight ratio over the lead acid type but a number of technical and economical problems in their manufacture and usage have yet to be solved before they will offer a viable alternative to the lead acid batteries. However, it is firmly believed that these problems will be solved within the next twenty years. The optimists maintain that electric cars having a driving range comparable to gasoline driven ones will be available and commercially competitive within the next decade.

As stated above the existing electric cars in use are almost entirely modified conventional gasoline cars. Everyone in the business seems to agree that the advantage of the electric car will not be fully realized until we have a car that has been specifically designed as such. We were aquainted with two prototypes of family cars designed as electric cars. These were funded by the U.S. Department of Energy. One of the prototypes is an all electric car developed by General Electric and Chrysler, the other prototype is a hybrid car (i.e. it is provided with a fly wheel as well as batteries) developed by the Garret Company of California. Both these prototypes seem to have significant advantages over the existing commercially available electric family cars regarding driving performance, operating range, style and comforts. There are, however, a number of improvements to be made on these cars and until mass produced they will remain prohibitively expensive.

In summary the information we were able to gather seems to indicate that the electric cars offer some definite advantages already in limited sectors of the transportation system. We, however, believe that another decade will pass before electric cars start replacing gasoline propelled cars for the general public to any significant extent. This, notwithstanding, we think that the future of electric cars looks very promising and that Icelanders should start giving the matter a serious attention. We are of the opinion that a testing program of existing electric cars may be justified in order to gain a first hand acquaintance with this technology and also to study the effects of the special Icelandic conditions on such cars. However, before such a program is started we think that a thorough study of other nations' test programs with regard to this should be undertaken. In this respect we can point out that at least one research institution we were able to visit in the USA, EPRI (Electric Power Research Institute in Palo Alto, California) is about to release a comprehensive study (safety, economics etc.) of a number of commerciallly available electric cars in the USA and abroad.

C-10

4. Undergraduate programs in chemistry departments of American universities

On the study tour dr. Bragi Arnason was able to visit the chemistry departments of three universities in order to learn about their undergraduate chemistry programs. These universities were: The Massachusetts Institute of Technology, Boston; The University of California, Berkeley; and The University of Utah, Salt Lake City. At all these universities dr. Bragi was received with a great hospitality and a very valuable information was gathered. In connection with the visit to Berkeley, dr. Bragi Arnason gave a lecture on "Origin and Nature of Geothermal Systems in Iceland, traced by stables isotopes". The lecture was followed by 30 min. film showing the volcanic eruption of Heimaey, Iceland.

-C1-

5. List of Institutions visited

1. EISENHOWER EXCHANGE FELLOWSHIPS, INC., PHILADELPHIA.

Topics: Welcome and orientation.

Appointments with: Ms. Marquerite Perrone, the program officer, Mr. Nicolas Ludington, the executive director of the Eisenhower Exchange Fellowships and Mr. Maes, the president of the Independence Foundation.

2. ESB TECHNICAL CENTER, YARDLEY, PA.

Topics: Electrical vehicles program. Batteries.

Appointment with Mr. George Hartman.

3. AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, ALLENTEWON, PA.

Topics: Production and liquefaction of hydrogen. Storage and transportation of liquid hydrogen.

Appointments with: dr. Novis Smith and Mr. E. Louis Wilkinson.

4. U.S. POSTAL SERVICE, WASHINGTON D.C.

Topics: Experience with electric cars.

Appointments with: Mr. Dick Bowman and Mr. Tom Norman.

5. U.S. NATIONAL PARK SERVICE, WASHINGTON D.C.

Topics: Experience with electric cars.

Appointments with: Mr. Edward J. Drotos and Mr. John Hooke.

6. U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, WASHINGTON D.C.

Topics: Electric and hybrid vehicle system. Hydrogen energy program.

Appointments with: Mr. Paul Brown and Dr. James H. Swisher.

7. N.A.S.A. - Langley Research Center, Hampton, VA
Topics: Hydrogen and other possible synthetic aircraft fuels.
Appointment with: Dr. Robert D. Witcofski.
8. BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY, UPTON N.Y.
Topics: Synthetic carbonaceous fuels. Production of hydrogen.
Storage of hydrogen in hydrides. Fuel cells.
Appointments with: dr. Frank J. Salzano, Mr. Mezzina, Dr. Meyer Steinberg,
dr. Jim McBreen, dr. Strickland, dr. J.J. Reilly,
dr. J. Johnson, dr. Vi Duong Dang.
9. MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, CHEMISTRY DEPARTMENT, BOSTON.
Topics: Undergraduate programs in chemistry. Synthetic fuels.
Appointments with: Prof. Ralph Staley and dr. William A. Peters.
10. GENERAL ELECTRIC COMPANY, WILMINGTON, MA.
Topics: Solid polymer electrolysis. Fuel cells.
Appointments with: dr. Leonard J. Nuttall, dr. John H. Russel,
Mr. Lloyd E. Chapman.
11. CLEAN ENERGY RESEARCH INSTITUTE, UNIVERSITY OF MIAMI, CORAL GABLES.
Topics: Hydrogen as energy carrier of the future. Synthetic fuels.
Appointments with: dr. Nejat Veziroglu, dr. John W. Sheffield, and
dr. K.T. Rhee.
12. JET PROPULSION LABORATORY, CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, PASADENA, CA
Topics: Hydrogen energy systems technology.
Appointments with: dr. James H. Kelly, dr. Joe Hanson, dr. Christopher
England.

- 213
13. AIRRESEARCH MANUFACTURING COMPANY OF CALIFORNIA, DIVISION OF THE GARRETT CORPORATION, TORRANCE, CA.

Topics: Electric cars.

Appointments with: Mr. Bob Rowlett and Mr. Hal Morgan.

14. ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, PALO ALTO, CA.

Topics: - Hydrogen energy systems technology. Electric cars.

Appointments with: dr. A. John Appelby, dr. Ralph J. Ferraro,
dr. Arnold A. Fickett, dr. Bhupen Mehta.

15. UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY.

Topics: Undergraduate programs in chemistry.

Appointments with: Prof. Samuel Markowitz, Prof. Ian Carmichael,
dr. Harold Wollenberg.

16. UNIVERSITY OF UTAH, DEPARTMENT OF CHEMISTRY, SALT LAKE CITY.

Topics: Undergraduate programs in chemistry.

Appointment with: Prof. William Guillory.

17. BILLINGS ENERGY CORPORATION, PROVO, UTAH.

Topics: Hydrogen as a fuel in the transport sector. Storage
of hydrogen in hydrides.

Appointments with: Mr. Barrie C. Campell and dr. R.L. Woolley.

18. DENVER RESEARCH INSTITUTE, UNIVERSITY OF DENVER, CO.

Topics: Storage of hydrogen in hydrides. Hydrogen as a fuel in the
transportation sector.

Appointments with: dr. Charles E. Lundin and Dr. Frank E. Lynch.

19. INSTITUTE OF GAS TECHNOLOGY, CHICAGO.

Topics: The role of hydrogen in the energy future. Manufacture of hydrogen or other synthetic fuels from coal or peat. Storage and transmission of hydrogen.

Appointments with: dr. Derek P. Gregory, dr. Paul B. Tarman, dr. Dharam V. Punwani, dr. William J.D. Escher.

20. ELECTRIC VEHICLE ASSOCIATES, INC., CLEVELAND, OHIO.

Topics: Electric cars.

Appointments with: Mr. Warren Harhay and Mr. Edward Sarian.

A L E D A E L D S N E Y T I

Samanburður á framleiðslu vetrnis (eldsneytis) og
áls frá þjóðhagslegu sjónarmiði.

Gunnlaugur Jónsson

Ágúst 1979

SAMANBURÐUR Á VETNISIBNAÐI OG ÁLIÐNAÐI FRÁ ÞJÓÐHAGSLEGU SJÓNARMIÐI

Orkulindir Íslands eru miklar miðað við núverandi orkunotkun þjóðarinnar, en mjög takmarkaðar miðað við orkubúskap heimsins, sem sést best á því að ef við nýttum alla vatnsorku og alla jarðhitaorku landsins til að framleiða 50 TWh af rafmagni, þá myndi það duga til framleiðslu milljón tonna af vetni með núverandi tækni. Þetta vetni samsvarar 3 milljónum tonna af olíu að orku, eða einungis einum þúsundasta af oliuframleiðslu heimsins. 50 TWh samsvara aftur á móti 7 þúsundustu af raforkuframleiðslu heimsins. Miðað við orkubúskap heimsins er því vægi raforkunnar mun meira en vægi hugsanlegrar eldsneytisframleiðslu. Það er því rétt að staldra við áður en lengra er haldið og reyna að meta hvort það sé þjóðhagslega rétt að breyta raforku í vetni, eða hvort það leynist aðrir möguleikar til að nýta raforkuna á hagkvæmari hátt.

Það er öllum ljóst að verðmæti hverrar kílowattstundar raforku er mest í almennum iðnaði, þjónustu og til heimilisnotkunar, þessir notendur greiða mest fyrir raforkuna, og þeir skapa mest verðmæti á hverja kílowattstund. Geta þeirra til að nýta raforku er aftur á móti takmörkuð og verðlagning raforkunnar hefur ekki úrslitaáhrif á það hvort þessar greinar eflast hér á landi eða ekki. Það eru aðrir þættir, svo sem tæknikunnátta, aðgangur að mörkuðum og hráefnum, sem ráða þar úrslitum.

Til þess að verð raforkunnar hafi áhrif á staðsetningu og hagkvænni iðnaðar þarf raforkunotkun að vera það mikil að verð hennar hafi afgerandi áhrif á verð vörurnar og samkeppnisaðstöðu. Eini iðnaðurinn sem uppfyllir þessi skilyrði er svokölluð orkufrek stóriðja. Ekki þó öll stóriðja, því mikill hluti stóriðju fær orku sína úr kolum og jarðgasi, sem eru miklu ódýrari orkugjafar en rafmagn.

Ekki er vænlegt að ætla að keppa við þessa orkugjafa með dýru rafmagni. Meðal þeirra þátta stjóriðju sem helst koma til greina má nefna rafgreiningu hvers konar, kísiljársvinnslu, þungavatnsvinnslu og ísótópa-greiningu úrans (skilja U₂₃₅ frá U₂₃₈), en þessi stóriðja notar öll mjög mikla raforku. Í þessum stutta samanburði verður þó að takmarka

pá möguleika sem athugaðir eru, og hef ég valið að bera saman rafgreiningu súráls, til framleiðslu á áli, og rafgreiningu vatns til framleiðslu á vetrni. Þessi samanburður er tiltölulega auðveldur, því ísal hefur nú starfað í 10 ár að álframleiðslu og það má því segja að sú tæknikunnáttu sem til þess þarf sé til í landinu. Ennfremur hefur Áburðarverksmiðjan í Gufunesi starfað í 25 ár að áburðarframleiðslu, en hluti af þeirri framleiðslu er vetrnisframleiðsla. Það eru því engin tæknileg vandkvæði á því að bera saman þjóðhagslegar stærðir við vetrnisframleiðslu annars vegar og álframleiðslu hins vegar.

VETNISFRAMLEIÐSLA

Tökum sem dæmi stærstu og hagkvæmustu vetrnisverksmiðju, sem áætlun var gerð fyrir í þessari skýrslu. Verksmiðjan framleiðir 1.000.000 Nm³ af vetrni á dag, eða 90 tonn. Til þess notar hún 4,56 GWh raforku á dag, eða 1596 GWh á ári til að framleiða 31.500 tonn af vetrni á 350 dögum. Mannaflí 107 menn. Gerum ennfremur ráð fyrir þeim möguleika (þetta væri hagstæðasti möguleikinn fyrir innlenda eldsneytisframleiðslu) að hægt sé að nota vetrni beint sem eldsneyti án alls aukakostnaðar fyrir þjóðarbúið, og að eitt kg vetrnis jafngildi 3 kg af þeim olíuvörum, sem fluttar eru inn á hverju ári, en orkuinnihald 1 kg af vetrni er samkvæmt því 36 kWh miðað við lægra hitagildið, sem er almennt notað af OECD og EBE (hærra hitagildið inniheldur þetti-varma þeirrar gufu sem myndast við bruna eldsneytisins, og er 5%-8% hærra). Til að framleiða 1 kg af vetrni þarf verksmiðjan 50,7 kWh raforku, og er nýtni hennar því 71% mið við lægra hitagildið (um 75% miðað mið hærra). Á mynd 1 og töflu 1 má sjá hvert hefur verið innflutningsverð á hverja kWh eldsneytis C.I.F. frá 1969-1979 (Hagtíðindi, Orkumál). Ef við hefðum notað innlent vetrni í stað innflutta eldsneytisins, þá hefði gjaldeyrissparnaður á hverja kWh raforku verið 71% af þessu (nýtni vetrnisframleiðslu er 71% eins og áður segir), og er þá ekki reiknað með neinum aukakostnaði, eða tæknilegum erfiðleikum við að nota vetrni í stað olíu. Miðað við meðalinnflutningsverð á olíu fyrstu 6 mánuði ársins 1979 næmi verðmátasköpun slíkrar vetrnsiverksmiðju 5,65 milljörðum á ári eða 3,54 kr/kWh raforku. Raforkunotkun á hvern starfsmann næmi 14,9 GWh.

ÁLVERKSMÍÐJA

Sem dæmi um álver má taka ísal, sem eftir núverandi stækjun mun framleiða 85.000 tonn af áli á ári og nota til þess 1360 GWh raforku á kg áls. Til þessarar framleiðslu þarf að meðtali 730 menn. Á mynd 1 og töflu 1 má sjá útflutningsverðmæti álvera á hverju ári, raforkunotkun þess, og útflutningsverðmæti á hverja kWh raforku. Það kemur í ljós að árlegur útflutningur álversins F.O.B. er að verðmæti svipaður og allur innflutningur eldsneytis C.I.F., enda þótt verulegar sveiflur séu á milli ára. Það verður að hafa það í huga að hráefniskaup ísal nema helmingi af útflutninum verðmætinu, og verður það rætt náðar síðar.

Raforkunotkun álversins t.d. árið 1978 hefði aðeins dugað til að framleiða 11% af því eldsneyti, sem við fluttum inn það ár. Miðað við útflutningsverð fyrstu 6 mánuði ársins 1979 nam útflutningsverðsals á áli sem svaraði 26,63 kr/kWh raforku. Raforkunotkun á hve starfsmann nemur 1,7 GWh, en eftir stækjun á álverinu verður hún 1,9 GWh. Til samanburðar við vetrnisverksmiðjuna hér að ofan væri réttara að taka nýtt álver, en það myndi nota 170-200 kA rafgreini ker i stað 100 kA og við það minnkari orkunotkunin í 13,5 kWh raforku á kg áls, en framleiðsluverðmætið vex í 31,56 kr/kWh raforku. Síðan álver myndi væntanlega nota 2,5 GWh raforku á starfsmann.

SAMANBURÐUR Á ÁLFRAMLEIÐSLU OG VETNISFRAMLEIÐSLU

Oliunotkun landsmanna er nú um 600.000 tonn á ári, og samkvæmt drögum að spá um "Oliunotkun 1979-2000%" mun notkunin haldast að mestu leyti óbreytt til aldamóta, ef forsendur um olíusparnað eru réttar. Jafnvel þessarar olíu er 200.000 tonn af vetrni, sem hægt er að framleiða með rafgreiningu með 10140 GWh af raforku (svipað og fyrirhuguð Austurlandsvirkjun, eða 3,5 sinnum núverandi raforkuframleiðsla). Verður hér reynt að gera grein fyrir helstu hagfræðilegu stærðum í þessu dæmi, og tekið til samanburðar álver, sem nýttu sömu raforku.

Stofnkostnaður hagkvæmustu virkjana landsins er nú \$ 166.700 á GWh.

Miðaðar við Hrauneyjafossvirkjun, sem áætlað er að kosti \$ 150 milljón og gefi af sér 900 GWh/ári. Er þá reiknað með hlut virkjunarinnar í stofnlinukerfinu.

Vetnisverksmiðja sem nýtir 1596 GWh á ári kostar \$ 78,5 milljónir, eða \$ 49.200 á GWh/ári (sjá áætlun í þessari skýrslu).

Alver mun nú kosta um \$ 2.000 á ártonn, en til að framleiða eitt tonn af áli þarf nú 13,5 MWh. Stofnkostnaður er því \$ 148.100 á GWh/ári.

Tafla 2 er unnin upp úr ofangreindum upplýsingum, og er þá reiknað með að vatnsorkuver kosti sama og Brauneyjafoss á GWh/ári, og að það þurfi 1 mann á hverjar 50 GWh/ári til að reka vatnsorkuverin og dreifikerfið.

TAFLA 1

Innflutt eldsneyti (olía)

Ár	Magn-tonn	Orka-GWh	Verðmæti C.I.F.	Verð kr/kWh
1969	432.853	5210	937	0,18
1970	515.689	6224	1138	0,18
1971	511.680	6162	1365	0,22
1972	512.060	6164	1322	0,21
1973	653.558	7878	2219	0,28
1974	612.742	7383	5816	0,79
1975	544.045	6567	8557	1,30
1976	485.969	5847	9510	1,63
1977	611.490	7354	14061	1,91
1978	599.808	7218	20029	2,77
1979*	293.418	3521	17556	4,99

* janúar til júní

Útflutt A1

Ár	Magn-tonn	Raforka-GWh	Verðmæti F.O.B.	Verð kr/kWh**
1969	10.536	162	519	3,08
1970	33.520	614	1708	3,18
1971	16.719	672	888	3,32
1972	59.237	771	2716	2,87
1973	79.843	1172	4441	3,48
1974	63.070	1171	4788	4,74
1975	43.636	1027	5047	7,23
1976	78.625	1068	12364	9,83
1977	74.245	1147	14933	12,57
1978	77.349	1135	23652	19,11
1979**	38.574		16437	26,63

* Janúar til júní

** Miðað við 16 kWh raforku á kg. áls

Heimildir: Hagtíðindi, Orkumál.

TAFLA 2

Samanburður á framleiðslu áls og vetrnis

Vetrnisverksmiðja	Álver
Framleiðsla. 200.000 tonn vetrni/ári	Framleiðsla. 751.000 tonn ál/ári
Orkunotkun 10140GWh	Orkunotkun 10140GWh
Stofnkostnaður: Raforkuvirkir 1609 M\$ Vetrnisverksmiðja 499 M\$ Alls 2189 M\$	Stofnkostnaður: Raforkuvirkir 1690 M\$ Álver 1502 M\$ Alls 3192 M\$
Mannafli: Raforkuvirkir 203 Vetrnisverksmiðja 681 Alls 884	Mannafli: Raforkuvirkir 203 Álver 4259 Alls 4259
Stofnkostn. á starfsmann 2,48M\$	Stofnkostn. á starfsmann 0,75M\$
Tekjur, m.v. meðalverð innfl. óliu C.I.F. jan.-jún. 1979 og 71% nýtni: 10140 GWh 3,54 Mkr/GWh 34900Mkr Meðalgengi 1\$ = 320 kr; 112,2M\$	Tekjur, m.v. meðalverð áls F.O.F. jan.-jún. 1979, og 13,5 kWh/kg áli: 10140 GWh 31,56 Mkr/GWh 320000Mkr 1000M\$
Veitutími stofnkostnaðar. 2189/112,2 19,5 ár	Veitutími stofnkostnaðar. 3192/1000 3,2 ár
Hlutur ársveltu í stofnkostnaði. 112,2/2189*100 5,1%	Hlutur ársveltu í stofnkostnaði. 1000/3192* 31,3%

VANGAVELTUR HÖFUNDAR

Þessi lauslegi samanburður á tveim hugarflugsdæmum, þar er annars vegar framleiðsla 200.000 tonna af vetni og hins vegar 751.000 tonna af áli sýnir að þrátt fyrir verulegar hækkanir á olíu á heimsmarkaði á fyrra helmingi ársins 1979 þá er ennþá langt í land með að vetni framleitt með rafgreiningu til eldsneytis geti keppt við annan orku-frekan iðnað eins og t.d. áliðnað um hagkvæmni.

Áliðnaðurinn skapar nær fimm sinnum fleiri atvinnutækifæri en vetrnis-framleiðsla, miðað við raforkunotkun og rúmlega prisvar sinnum fleiri miðað við fjárfestingu.

Áliðnaðurinn veltir nær níu sinnum meira fjármagni miðað við orkunotkun en vetrnisiðnaðurinn, og eykur þar af leiðandi þjóðarframleiðsluna mun meira. Veltuhraði miðað við fjárfestingu og velta sem hlutfall af fjárfestingu er einnig mun hagstæðari fyrir ál en vetni, og munar þar miklu, eða margfeldingu sex. Ekki eru þessar tölur þó einhlítar, og verður þar að gæta þess að aðkeypt hráefni til ísal eru um 50% af F.O.B. útflutningsverðmæti og myndi frádráttur þeirra helminga þessar tölur, en á móti kemur að vetni er ekki afurð, sem hægt er að nýta beint sem eldsneyti á farartæki. Nauðsynlegt er að binda vatnið kolefni til framleiðslu methanols eða gervibensíns. Þessi binding við kolefni kallar á rekstrarvörur og aukna fjárfestingu, auk þess sem búast má við nokkru orkutapi við þessa vinnslu.

Það er álit höfundar að ál, sem ekki verður framleitt með óðrum aðferðum en rafgreiningu og önnur svipuð framleiðsla, sem krefst mikillar raforku, muni næstu áratugina vera mun hagkvæmari iðnaður á Íslandi en framleiðsla vetrnis sem hægt er að framleiða úr jarðgasi og kolum, á mun ódýrarí hátt. Rafmagn mun um langan aldur vera mun dýrari orka en vetni, jarðgas eða olía, því hægt er að framleiða vetni, jarðgas og gervibensín úr kolum með yfir 50% nýtni, en samsvarandi nýtni kola til rafmagnsframleiðslu er 35-40%. Stofnkostnaður raforkuvers er enn-fremur meiri en stofnkostnaður verksmiðju sem framleiðir vetni, gas eða gervibensín úr kolum. Vandinn er einungis sá að fram til þessa hefur gas og olía verið það ódýr að erfitt er fyrir kol að keppa við

pau í rafmangsframleiðslu, og enn síður að það borgi sig að breyta kolum í olíu eða vetni.

Aðstæður hafa nú breyst með hækkuðu olíuverði, olíu- og gasorkuver munu í framtíðinni keppa við raforkuver um kolin, og það mun leiða til hækandi verðs á ailri orku, en þó mun rafmagn um langan aldur vera fjölhæfara, hagkvæmara í notkun og dýrara en aðrir orkugjafar í öllum helstu iðnríkjum heims. Afurðir sem krefjast mikillar raforku í framleiðslu munu því enn um sinn vera dýrari en afurðir sem hægt er að framleiða úr eldsneyti, kolum eða jarðgasi. Talið er að kolabirgðir heimsins nægi í nokkur hundruð ár.



Framleiðsluverðmæti áls og vetrnis
á hverja kwh rafmagns

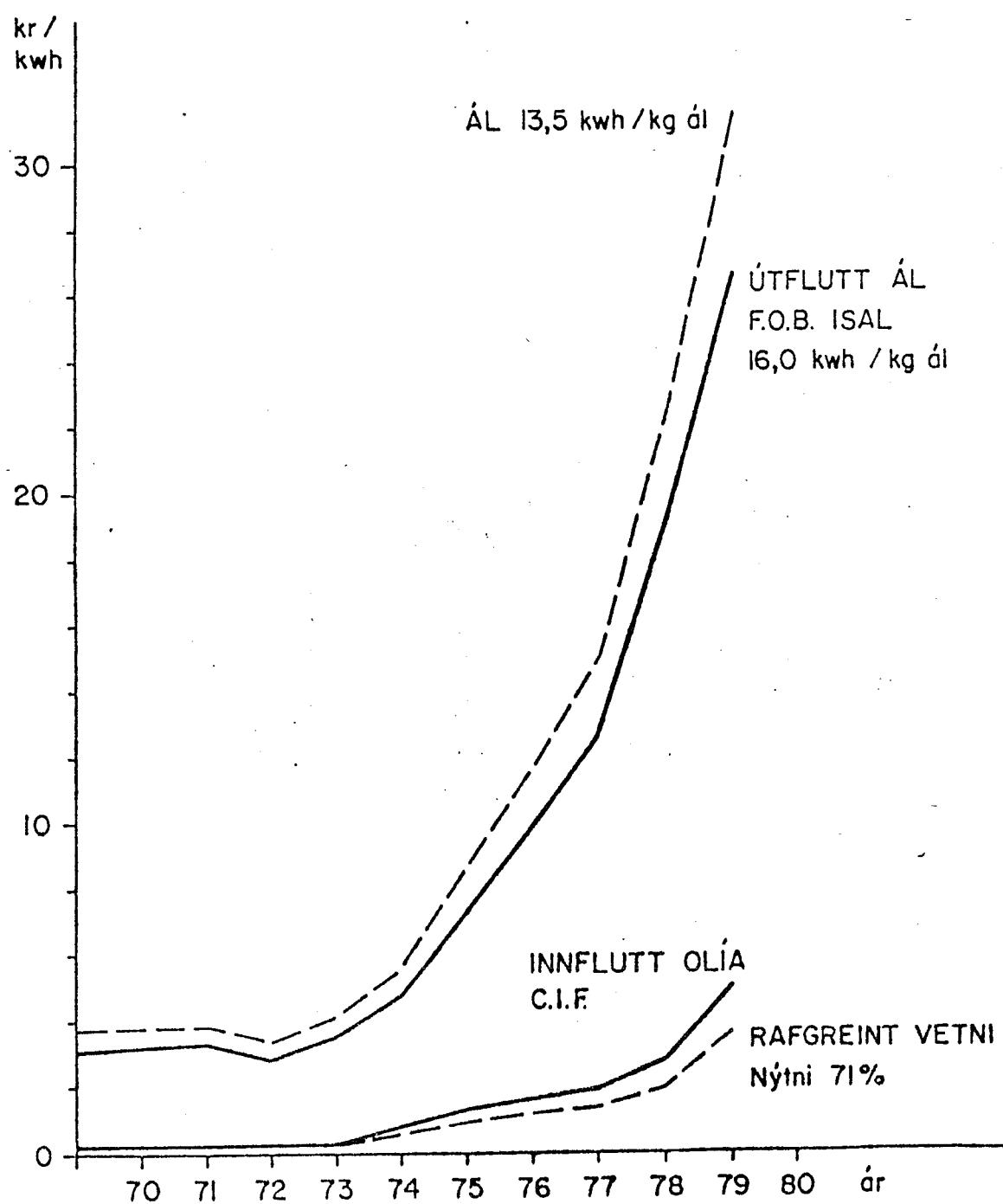
79.09.11.

GJ / GSJ

B - ým.

F. 18640

Mynd 1



 ORKUSTOFNUN

Járhítadeftld

FREKARI HEIMILDIR UM ELDSNEYTIMÁL

Jón Steinar Guðmundsson

Maí 1980

Frekari heimildir um eldsneytismál

1. Casper, M.S., 1978: Hydrogen Manufacture by Electrolysis, Thermal Decomposition and Unusual Techniques. Noyes Data Corporation, 362 s.
2. Hoffman, E.J., 1978: Coal Conversion. The Energon Company, 464 s.
3. Hagenmuller, P., Van Gool, W., 1978: Solid Electrolytes-General Principles, Characterization, Materials, Applications. Academic Press, 549 s.
4. Harnett, J.P., 1976: Alternative Energy Sources. Academic Press, 328 s.
5. Tillman, D.A., Sarkanyen, K.V., Anderson, L.L., 1977: Fuels and Energy from Renewable Resources. Academic Press, 342 s.
6. Ellington, R.T., 1977: Liquid Fuels from Coal. Academic Press, 273 s.
- 7.. Anderson, L.L., Tillman, D.A., 1977: Fuels from Waste. Academic Press, 230 s.
8. Probstein, R.F., Gold, H., 1978: Water in Synthetic Fuel Production. MIT Press, 296 s.
9. Penner, S.S., Icerman, L., 1975: Energy-Volume II-Non Nuclear Energy Technologies. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 673 s.
10. Institute of Gas Technology, 1978: Hydrogen for Energy Distribution. Symposium, 24-28 July, Chicago, 676 s.
11. Carhart, H.W., Affens, W.A., Boss, B.D., Hazlett, R.N., Schuldiner, S. 1974: Hydrogen as a Navy Fuel. Naval Research Laboratory Report 7754, 34 s.
12. McBeath, B.C., 1979: Guidelines for Economic Evaluation of Coal Conversion Processes. Engineering Societies Commission on Energy, Report FE-2469-44, 77 s.

IS ORKUSTOFNUN

13. Bro, K., Pedersen, P.S., 1977: Alternative Diesel Engine Fuels-An Experimental Investigation of Methanol, Ethanol, Methane and Ammonia in a D.I. Diesel Engine with Pilet Injection. Society of Automotive Engineers, Detroit 26-30 September, Paper 770794, 14 s.
14. Andrews, S.P.S., 1979: The Economics of Fuel and Chemicals from Coal in the Future. Chemical Engineer, 345, 414-419, 421.
15. Homan, H.S., Reynolds, R.K., 1979: Hydrogen-Fueled Diesel Engine Without Timed Ignition. Int. J. Hydrogen Energy, 4, 315-325.
16. Cristiansen, K., Grundt, T., 1978: Large Scale Hydrogen Production-Technology, Experience and Application. 153 rd. meeting Electrochemical soc. seattle 22-26 May, 15 s.
17. Ekman, E., Asplund, D., 1979: A Review of Research on Peat Gasification in Finland. U.N. Symp. Grasification Liquefaction Coal, Katowice (Poland) 23-27 April, 19 s.

28. maí 1979

J.S.G.