

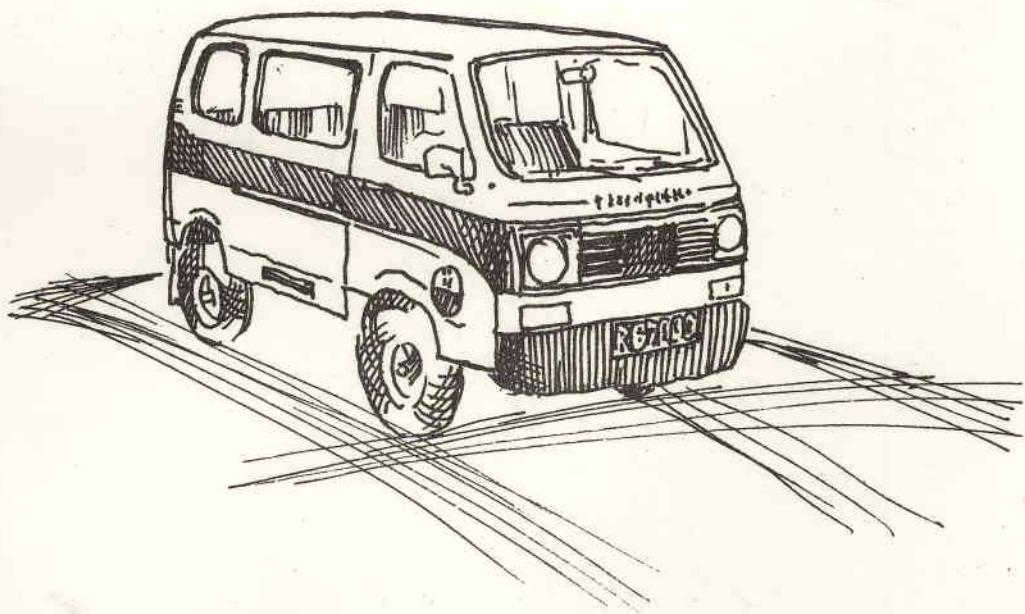
# NOTKUN RAFBÍLS Á ÍSLANDI

Tæknilegir og fjárhagslegir möguleikar

Yfirlitsskýrsla

eftir

Gísla Jónsson



Skýrsla nr. 84002

Maí 1984

VERKFRÆÐISTOFNUN  
HÁSKÓLA ÍSLANDS  
HJARDARHAGI 2-6 · SÍMI 25088 · 107 REYKJAVÍK

Til Andra  
frá þessa  
með bestu hvaldum.

# NOTKUN RAFBÍLS Á ÍSLANDI

Tæknilegir og fjárhagslegir möguleikar

## Yfirlitsskýrsla

eftir

Gísli Jónsson

4.1	Ástættir	8
4.2	Útvefing	9
4.3	Skattur í hlutað og aðrir	10
4.4	Skattur á hlutað og hlutað	10
4.5	Væðing	11
4.6	Skattveiting	12
5.	Fjárhagslegir möguleikar	13
6.	Eftirmáli	14

Útgefandi: VERKFRÆÐISTOFNUN HÁSKÓLA ÍSLANDS  
Reykjavík, maí 1984

**VERKFRÆÐISTOFNUN  
HÁSKÓLA ÍSLANDS**

MOTKUN RARFÍLS Á ÍSLANDI

Tæknileg og félagsleg málaflokkur

Yfirlit

1984

Ólafur Jóhannsson

Útgefandi: VERKFRÆÐISTOFNUN Háskóla Íslands  
Reykjavík, maí 1984

VERKFRÆÐISTOFNUN  
HÁSKÓLA ÍSLANDS

## E F N I S Y F I R L I T

	<u>Bls.</u>
YFIRLIT	1
1. INNGANGUR	2
2. RAFBÍLL HÁSKÓLANS	3
3. MARKMIÐ TILRAUNANNA	4
4. NIÐURSTÖÐUR	5
4.1 Aksturssvið	6
4.2 Orkunotkun	9
4.3 Akstur í snjó og kulda	10
4.4 Mæling á hleðsluástandi geymanna	10
4.5 Viðhald	11
4.6 Aksturseiginleikar	12
5. FJÁRHAGSLEGUR GRUNDVÖLLUR	13
6. EFTIRMÁLI	21

## YFIRLIT

Á Íslandi hefur verið nýtt minna en 10 % af vatnsafli landsins og ennþá minni hluti jarðvarma, sem nýtanlegur er til raforkuframleiðslu. Ísland er sjálfbjarga með svo til alla orku nema til flutninga. Því er sérlega áhugavert að athuga möguleika á nýtingu eigin orkulinda til flutninga.

Athuganir benda til þess að hægt sé af tæknilegum ástæðum að fullnægja umtalsverðum hluta þájaraksturs með rafbílum.

Rafbílar hafa fullnægjandu aksturseiginleika, valda ekki mengun og nýta innlendar orkulindir, sem eyðast ekki, þótt nýttar séu.

Kostnaðarlega séð getur rafbíll ekki keppt við bensínbíl á Íslandi. Megin ástæðan er hár raforkukostnaður í hlutfalli við bensínkostnað, óréttlátar reglur um sköttun til uppbyggingar vegakerfisins og hlutfallslega hátt verð á rafbílum.

Það er orðið tímabært fyrir íslensk stjórnvöld að taka afstöðu til þess, hvort þau vilja örva notkun rafbíla eða ekki. Það mætti t.d. gera með því að endurskoða reglur um þungaskatt, með því að athuga söluskilmála rafveitnanna og athuga m.a. hvort ekki ætti að taka upp tvígjaldsmælingu og hvort sanngjörn sé sú formbreyting á gjaldskrá, sem hefur leitt til þess, að raforkukostnaður rafbíls hefur hækkað allt að þrefalt meira en bensínkostnaður. Einnig mætti örva notkun rafbíla með því að lækka aðflutningsgjöld á þeim og með því að athuga möguleika á að umbreyta bensínbílum í rafbíla héraendis eða ef til vill að framleiða þá frá grunni.

## 1. INNGANGUR

Fjárhagslega nýtanlegt vatnsafl á Íslandi er talið vera 40 - 50 TWh/ár. Árið 1982 var heildarraforkuframleiðslan með vatnsafl 3,4 TWh. Nýtt hefur því verið innan við 10 % af vatnsafl landsins. Upplýsingar um jarðvarma, sem nýtanlegur er til raforkuframleiðslu, liggja ekki fyrir með jafn góðri nákvæmni og varðandi vatnsafl, en hann er talinn vera að svipaðri stærðargráðu. Raforkuframleiðsla með jarðvarma árið 1982 var aðeins 159 GWh. Raforkuframleiðsla með olíu var óveruleg eða aðeins 9 GWh. Raforkuframleiðsla á Íslandi er því næstum einvörðungu með vatnsafl, eða 95,3 % árið 1982.

Alla olíu og allt bensín, sem notað er á Íslandi, þarf að flytja inn.

Rétt rúmlega helmingur framleiddrar raforku er notaður til orkufreks iðnaðar. Hinn hlutinn er notaður til heimilisnota, iðnaðar, þjónustu og hitunar. Þar til viðbótar er jarðvarmi, þ.e. heitt vatn notað til húshitunar í stöðugt vaxandi mæli. Í lok ársins 1982 fullnægði raforka og heitt vatn 92 % af húshitunarþörfinni.

Eins og að framan greinir er Ísland sjálfum sér nógt með orku til næstum alls annars en flutninga en til þeirra verður að flytja inn olíuafurðir. Auk þess höfum við nýtt aðeins brot af vatnsorkulindum landsins. Það er því einkar áhugavert að kanna þá möguleika, sem eru á því að nota einnig raforku til flutninga.

Kostir við að nota raforku til flutninga eru einkum eftirfarandi:

1. Nýting innlendra orkulinda, sem eyðast ekki þótt nýttar séu. Það leiðir til gjaldeyrissparnaðar og gerir þjóðina óháða innflutningi á eldsneyti.
2. Minnkun loft- og hljóðmengunar.

Raforku til flutninga má nýta á þrjá mismunandi vegu, þ.e.

1. Með notkun ökutækja, sem tengd eru rafkerfi við akstur.
2. Með notkun rafbíla með geymum, sem hlaðnir eru upp milli þess, sem ekið er, eða skipt út til hleðslu.
3. Með framleiðslu eldsneytis, sem síðan er notað á ökutæki með brunahreyflum eða eldsneytissellum.

Framleiðsla á eldsneyti er utan við fagsvið höfundar og verður því ekki fjallað um þann möguleika.

Möguleikar á notkun rafknúinna járnbrauta eru mjög takmarkaðir vegna þess hve strjálbýlt landið er. Meiri möguleikar eru á notkun strætisvagna, sem tengdir eru línu svo og bæjarlesta. Ennþá hafa ekki verið gerðar neinar ýtarlegar athuganir á þessu sviði en til þess er full ástæða og að taka tillit til þessarra möguleika við framtíðar skipulagningu höfuðborgarsvæðisins.

Síðastliðin 9 ár hefur höfundur stundað athuganir á möguleikum á notkun rafbíla á Íslandi. Árið 1979 eignaðist Háskóli Íslands, nánar tiltekið Verkfræðistofnun, rafbíl, sem notaður hefur verið sem tilraunabíll.

## 2. RAFBÍLL HÁSKÓLANS

Rafbíll háskólans var keyptur frá bandaríska fyrirtækinu Jet Industries Inc. í Texas. Bíllinn er að byggingarlagi sem sendiferðabíll en með baksæti og gluggum á hliðum. Hann er upphaflega framleiddur af fyrirtækinu Fuji Heavy Industries í Japan sem "Subaru 500" en síðan breytt í rafbíl, "Electra Van 500" af Jet Industries. Bíllinn er fyrsti rafbíllinn, sem fyrirtækið setti á markað, og taka verður tillit til þess við mat á niðurstöðum tilraunanna.

Rafbíllinn er með 20 hestafla, raðtengdum rakstraumsmótor og rafrænni hraðastýringu (týristorstýringu). Geymaspennan er 96 volt (16 x 6 volta geymar). Bíllinn er með handskiptum, fjögurra stiga gírkassa. Hámarkshraði bílsins er um 80 km/h og akstursviðið á hverri hleðslu 40 - 50 km. Geymarnir eru hlaðnir með sérstæðu hleðslutæki. Eiginþyngd bílsins er 1066 kg en þar af vege geymarnir 435 kg eða um 40 %. Mesta hleðsla bílsins er 400 kg. Bíllinn er hitaður upp með lítillri, olíukyntri miðstöð.

### 3. MARKMIÐ TILRAUNANNA

Markmið tilraunanna með rafbíllinn er eftirfarandi:

1. Athuga að hvaða marki megi nota rafbíl í bæjarakstri sem annan fjölskyldubíl við hliðina á bensínbíl til lengri aksturs og sem þjónustubíl, þar sem um er að ræða reglubundinn, daglegan akstur.
2. Fá fram upplýsingar, sem nauðsynlegar eru til að geta gert fjárhagslega könnun á rekstrargrundvelli rafbíls við íslenskar aðstæður.
3. Fá fram upplýsingar um haghvæmustu útfærslu rafbíls fyrir íslenskar aðstæður.
4. Að fá persónulega reynslu af notkun rafbíls til þess m.a. að fá staðbundna reynslu, sem er til mikils gagns við frekari athuganir og sem gerir mann betur hæfan til viðræðna um málið við starfsfélaga úti í heimi.
5. Að gefa embættismönnum og almenningi tækifæri til að kynna rafbíl, aka í honum og jafnvel að aka honum.

Prófun bílsins sem fjölskyldubíl númer tvö lauk um miðjan október 1983. Í september 1983 skrifaði Verkfræðistofnun Rafmagnsveitu Reykjavíkur bréf og óskaði eftir samstarfi um



prófun bílsins sem þjónustubíls. Svar hefur ekki enn borist, þ.e. í lok apríl 1984.

Ekki hefur verið talin ástæða til að framkvæma ítarlegar mælingar eins og t.d. mælingar á aksturssviði við akstur skv. staðlaðri akstursforskrift. Slíkar mælingar, sem krefjast mælitækja, sem ekki hefur verið fjármagn til að kaupa, hafa þekktar tilraunastofnanir erlendis framkvæmt fyrir rafbílaframleiðendur. Niðurstöður þessarar mælinga henta vel til samanburðar á mismunandi gerðum rafbíla, en eru aðeins leiðbeinandi við athugun á mögulegum akstri á hverri hleðslu við raunverulegar aðstæður. Sem dæmi má nefna, að akstursskilyrði í Danmörku og í Reykjavík, eða í Florida og í Reykjavík eru gjörólík. Einnig má nefna að mælingar á raforkunotkun pr. ekinn kílómetra á tilraunastofu eða á tilraunabraut er ekki hægt að yfirfæra á raunverulegar aðstæður. Það hafa prófanir á rafbíl háskólans staðfest.

#### 4. NIÐURSTÖÐUR

Segja má, að í stórum dráttum séu niðurstöður tilraunanna með rafbíl háskólans eftirfarandi:

Frá tæknilegu sjónarmiði séð væri mögulegt með núverandi tækni að nota rafbíla í stað umtalsverðs hluta smábíla, sem notaðir eru til bæjaraksturs. Með frekari þróun rafbílsins og með því að koma upp hleðslumöguleikum sem víðast í bæjum, t.d. á bíla-  
staðum, mundu möguleikarnir á að nota rafbíla í stað bensínbíla aukast verulega.

Fjárhagslega er rafbíllinn ekki samkeppnisfær við bensínbíllinn hérlendis. Ástæðan er sú, að rafbíllinn er ennþá talsvert dýrari en bensínbíllinn, skattlagning rafbíla á Íslandi er ranglát og það ríkir mikil óvissa um það, hvort raforka kemur til með að fást á rafbíla á viðunandi kjörum.

Í yfirlitsskýrslu sem þessari er ekki rúm til að greina frá öllu því, sem komið hefur út úr tilraununum með rafbíllinn, en í stórum dráttum er það eftirfarandi:

#### 4.1 Aksturssvið

Því miður hefur athugun á daglegum akstri á Íslandi ekki verið athuguð. Hér á landi eru fjarlægðir ekki miklar svo líta verður svo á, að skilyrði fyrir rafbíla séu hagstæð.

Árið áður en Verkfræðistofnun fékk rafbílinn skráði höfundur daglegan akstur sinn, þ.e.a.s. tímabilið 1. júní 1978 til 1. júní 1979. Vegalengdin til vinnu er tiltölulega mikil eða 13,1 km hvora leið. Telja verður að ekki séu margir, sem þurfa að aka lengra frá heimili til vinnustaðar.

Rétt er að nefna, að eiginkona skýrsluhöfundar hafði eigin bíl svo skráður akstur var að lang mestu leyti eigin akstur höfundar en þó einnig akstur með eiginkonu, dóttur (þá 12 ára) eða alla fjölskylduna.

Í 75 daga ársins var bíllinn ekki í notkun, þar af 38 daga vegna dvalar höfundar erlendis. Í 4 daga var um að ræða akstur út á land. Afgang ársins, þ.e. í 286 daga var um að ræða hreinan bæjarakstur með mestum daglegum akstri 90 km og heildarbæjarakstri 10.050 km, sem svarar til meðalaksturs 35,1 km/dag. Með utanbæjarakstrinum var heildarakstur ársins 10.580 km. Á töflu 1 og mynd 1 er sýnt, hvernig bæjaraksturinn skiptist á aksturssvið.

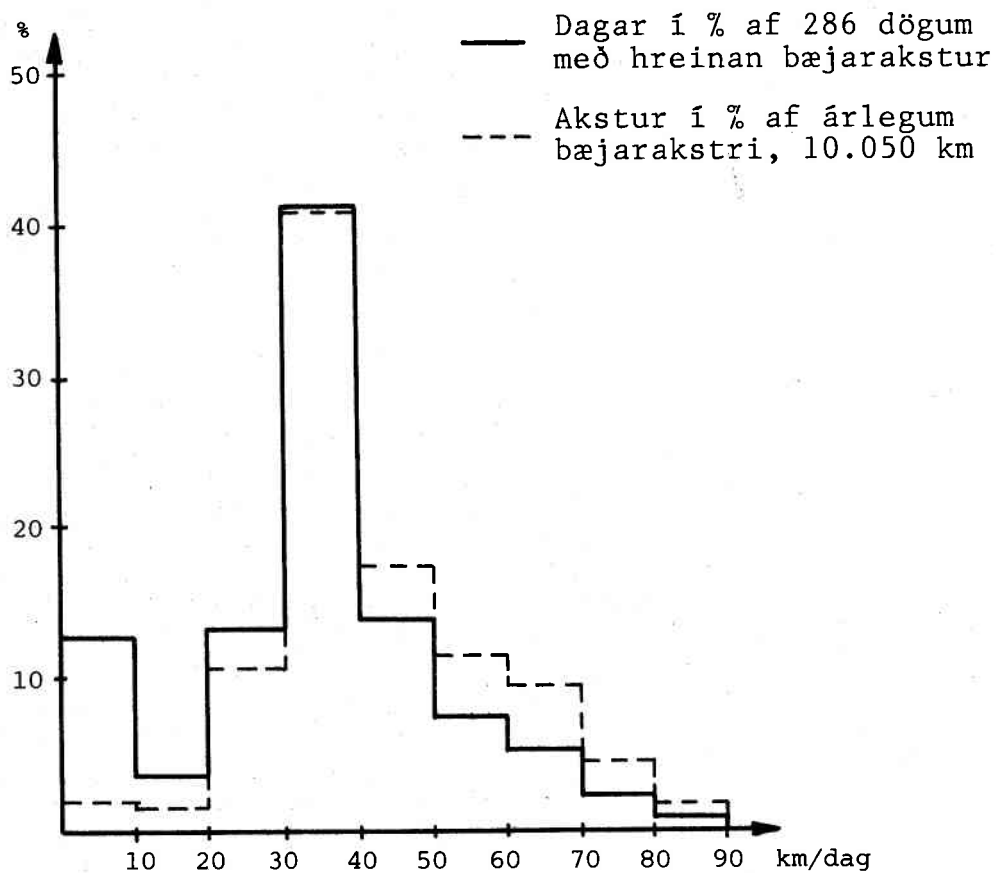
Á töflu 2 er sýnt, hve stóran hluta hins skráða bæjaraksturs rafbíll mundi hafa getað fullnægt með hleðslu aðeins yfir nóttina í hundraðshluta af hinum 286 dögum með hreinan bæjarakstur og í hundraðshluta af heildarbæjarakstri ársins, 10.050 km.

Á töflu 3 er sýnt, hve stóran hluta hins skráða aksturs rafbíll getur ekki fullnægt. Ef þessum akstri er mætt með hleðslu að degi til, þegar bíllinn er ekki í notkun, gæti rafbíllinn fullnægt öllum hinum skráða akstri.

Tafla 1

Árlegur bæjarakstur

Akstur á dag km	Dagar		Akstur	
	Fjöldi	%	km	%
1 - 10	37	12,9	191	1,9
11 - 20	10	3,5	154	1,5
21 - 30	38	13,5	1074	10,7
31 - 40	118	41,3	4143	41,2
41 - 50	39	13,7	1746	17,4
51 - 60	21	7,3	1156	11,5
61 - 70	15	5,2	970	9,7
71 - 80	6	2,1	445	4,4
81 - 90	2	0,7	171	1,7
Alls	286	100,0	10.050	100,0



Mynd 1 Árlegur bæjarakstur

Tafla 2                      Hluti aksturs í töflu 1, sem  
rafbíll ræður við með hleðslu  
aðeins yfir nóttina

Mögulegur akstur km	Akstursdagar % 1)	Akstur % 2)
40	71,0	55,3
50	84,7	72,7
60	92,0	84,2
70	97,2	93,9
80	99,3	98,3
90	100,0	100,0

1) % af 286 dögum

2) % af 10.050 km

Ljóst er, að niðurstöður þessarar einu skráningar á daglegum akstri eru ekki fyllilega marktækar. Það sem þó bendir til þess, að þær séu einhvers virði, er eftirfarandi.

Niðurstöðurnar eru í góðu samræmi við niðurstöður, sem fengist hafa með sams konar en miklu ítarlegri athugunum, sem gerðar hafa verið í Bandaríkjunum, 10.050 km bæjarakstur á 286 dögum + 37 dagar án aksturs verður að teljast eðlilegur bæjarakstur og að lokum að fjarlægðin frá heimili til vinnustaðar, 13,1 km verður að teljast óvenju mikil.

Aksturssvið rafbíls háskólans, þ.e.a.s. mögulegur akstur á hverri hleðslu hefur reynst 40 - 50 km. Það er mjög háð akstursaðstæðum, þ.e.a.s. hleðslu bílsins, fjölda ræsinga og stöðvana, akstursmáta og brekkum. Það sem þó hefur sýnt sig að hafa mest

Tafla 3      Hluti aksturs í töflu 1, sem  
rafbíll ræður ekki við með hleðslu  
aðeins yfir nóttina

Mögulegur akstur á hleðslu km	Akstur, sem rafbíll ræður ekki við %
40	29,1
50	16,8
60	6,8
70	2,0
80	0,1
90	0,0

áhrif á aksturssviðið er það, hvort bíllinn er á sumarhjólborðum eða vetrarhjólborðum og hitastig rafgeymanna. Þeir vetrarhjólbarðar, sem notaðir hafa verið, eru negldir en eru ekki radíalhjólbarðar. Draga mætti úr minnkun aksturssviðsins vegna vetrarhjólbarða með því að nota radíalvetrarhjólbarða. Mesta aksturssvið á sumarhjólborðum mældist 51 km en aksturssviðið fer niður í 35 - 40 km í snjó á vetrarhjólborðum, einkum ef hitastigið á geymunum fer langt niður. Varðandi áhrif hitastigs geymanna vísast til kafla 4.3.

#### 4.2 Orkunotkun

Orkunotkun á hvern ekinn kílómetra, þ.e.a.s. raforkunotkun mæld út af bæjarneti, er háð lestun bílsins, akstursskilyrðum og hleðslumáta. Meðalorkunotkun yfir árið reyndist vera um 0,6 kWh/km. Hún sveiflast frá tæplega 0,5 kWh/km á sumrin og í um 0,7 kWh/km á vetrum. Hleðslunýtnin er háð því, hve djúpt geymarnir eru afhlaðnir. Nýtnin eykst með aukinni afhleðslu og er því mest við fulla afhleðslu, þ.e. niður í 20 %.

Niðurstöður mælinga á orkunotkuninni sýna vel, að ekki er hægt að reikna með niðurstöðum mælinga á reynslubrautum, sem framleiðendur gefa upp og sem sýnir sig að vera allt niður í helminginn af notkuninni við raunverulegar aðstæður.

#### 4.3 Akstur í snjó og kulda

Rafbíll háskólans hefur reynst standa sig miklu betur í snjó en venjulegur fólksbíll enda þótt hann sé á of litlum hjólum fyrir íslenskar aðstæður, þ.e. 10 þumlunga felgum. Það er að þakka tiltölulega mikillri þyngd, jafnri þyngd á fram- og afturhjól og mjög mjúku átaki. Að sjálfsögðu minnkar aksturssviðið verulega, ef ekið er í miklum snjó.

Blýgeymar hafa þá eiginleika, að orkan, sem hægt er að taka út af þeim minnkar með lakkandi hitastigi geymanna. Rafbíllinn hefur ávallt verið hlaðinn úti og vegna loftræstingar geymarýmisins við hleðslu, kælast geymarnir verulega, þegar frost er. Hagkvæmara væri að hlaða bíllinn inni eða að hita upp loft-ræstiloftið. Vegna þess, hve efnismiklir rafgeymarnir eru, hafa þeir mikla varmarýmd. Þeir mundu því lítið kólna yfir daginn, ef hitastig þeirra væri haghvæmt að lokinni hleðslu að morgni. Ennfremur mætti hitaeinangra geymarýmið. Vegna framangreindra eiginleika rafgeymanna hefur útihitastigið mikil áhrif á akstursvið rafbílsins og reynslan hefur sýnt, að við íslenskar aðstæður er næstum nauðsynlegt að koma í veg fyrir að geymarnir kólni mikið á veturnum. Það má gera með hleðslu innan dyra eða með upphitun loftsins, sem blásið er inn í geymarýmið.

#### 4.4 Mæling á hleðsluástandi geymanna

Í rafbílum eru tveir rafmælar, sem ekki eru notaðir í bensín-bílum. Það er straummælir, sem sýnir straumnotkun við akstur, og mælir, sem sýnir hleðsluástand geymasamstæðunnar. Síðarnefndi mælirinn er ekki nægilega áreiðanlegur á þann hátt, að

við akstur fer hann of langt niður en kemur svo upp aftur, þegar bíllinn hefur staðið svolitla stund. Þetta stafar að hluta til af hönnun mælirásarinnar og að hluta af eiginleikum blýgeyma. Það er reyndar ekki svo auðvelt að mæla hleðsluastand blýgeyma í notkun. Mælirinn fyrir hleðsluástand geymanna mætti gjarnan vera áreiðnalegri og nefna má, að á markaði eru betri mælar en sá, sem er í rafbíl háskólans.

#### 4.5 Viðhald

Viðhald á rafkerfi bílsins hefur verið óverulegt að frátöldu því, að upphaflega geymasamstæðan reyndist illa. Eftir því sem næst verður komist stafaði það af lélegum gæðum. Þeir súlfatíseruðust hver af öðrum og miðað við reynslu annarra af því hleðslutæki, sem notað hefur verið, eru ekki taldar líkur á því að ástæðan sé röng hleðsla.

Varðandi fyrirkomulag drifkerfisins í bílnum hefur það sýnt sig, að við íslenskar aðstæður með mikið söltuðum götum á veturnum, er nauðsynlegt að verja rafkerfið betur. Mótorinn er vel varinn en nokkrar rekstrartruflanir hafa orðið vegna minni háttar skaða á leiðslutengjum. Auk þess má nefna, að kæliloftið fyrir mótorinn og hraðastýringuna er tekið inn undir gólfi bílsins sem er mjög óhagkvæmt. Reyndar ætti að vera hægt að byggja bílinn þannig að ekki þyrfti kælublásara á mótör og á hraðastýringu við íslenskar aðstæður.

Það er ekkert vandamál að verja rafkerfi bílsins nægilega vel, ef tekið er tilit til aðstæðnanna við hönnun bílsins.

Í byrjun var óttast, að geymarnir þörfnuðust talsverðrar hreinsunar vegna ildunar á geymatengingum, en það hefur sýnt sig að þær hafa þarfnast óverulegs viðhalds. Það má segja að eina viðhaldið á geymunum hafi verið að fylla upp hinar 48 sellur með vatni ca. tvisvar í mánuði. Á rafbíl háskólans verður það að gerast á þann hátt að fylla á hverja sellu fyrir sig en sumir

rafbílar hafa sameiginlega áfyllingu á allar sellur, sem er mun fljótlegr og þægilegr og sjálfsagt verða allar rafbílar með blýgeymum með slíka áfyllingu í framtíðinni.

#### 4.6 Aksturseiginleikar

Fyrsta spurningin, sem gjarnan er borinn upp, þegar spurt er um rafbílinn er, hvort hann sé ekki of hægfarar í umferðinni. En það er einnig það fyrsta, sem kemur þeim á óvart, sem aka í bílnum eða aka honum, hve gott viðbragð hann hefur.

Það hefur reynst vera mjög auðvelt að fylgja eftir almennt umferð jafnt á sléttlendi sem í brekkum.

Að sjálfsögðu mundi bíllinn vera auðveldari í notkun ef hann væri með sjálfskiptingu eða án gírs. Hann er þó auðveldari í akstri en bensínbíll með handskiptum gírkassa þar sem ekki þarf að nota tengslin, þegar tekið er af stað eða stöðvað og þar sem hægt er að fara niður í mjög lítinn hrað í hæsta gír jafnvel þótt mótörinn sé í átaki. Ástæðan fyrir því að notaður er gír er sú, að með því móti er straumpörfinni haldið niðri og mótörinn keyrður á haghvæmari hraða en án gírs. Aukin straumnotkun minnkar þá orku, sem hægt er að ná út af geymunum og veldur því, að hanna þarf hraðastýringuna fyrir meiri straum en ella. Ef hægt er að setta sig við litla hröðun má auðveldlega taka bílinn af stað í 4. gír.

Síðasta mánuðinn, sem bíllinn var í reynsluakstri hjá skýrsluhöfundinum, var honum ekið einungis í 2. og 4. gír. Var það gert til þess að kanna möguleika á notkun tveggja stiga plánetugírs, en með slíkum gír er ekki þörf á tengslum. Með plánetugír mundi bíllinn því verða alveg eins og sjálfskiptur bíll í notkun. Ekkert reyndist til fyrirstöðu að nota aðeins 2. og 4. gír og ekki var að merkja aukningu í orkunotkun né styttingu akstursviðs.



Síðasta hálf árið, sem bíllinn var í reynsluakstri skýrslu- höfundar, var honum ekið rétt röska 5.000 km. Var bíllinn þá með nýjum geymum. Ekkert virðist því vera því til fyrirstöðu að aka rafbíl um 10.000 km á ári í bæjarakstri.

Rafbíll háskólans er ekki með endurvinnslu við hemlun. Því er haldið fram, að fyrir þennan bíl mundi það ekki borga sig. Þar sem bíllin hefur tiltölulega mikið vindviðnám mundi endur- vinnsla við hemlun ekki gefa mikla orku niður brekkur. Hún mundi einungis gefa orku við hemlun vegna umferðaraðstæðna og þannig spara eitthvað hemla. Hvað varðar aksturssvið mundi endurvinnsla við hemlun aðeins í fáum tilvikum nýtast.

## 5. FJÁRHAGSLEGUR GRUNDVÖLLUR

Mestur hluti þeirra rafbíla, sem eru á markaði í dag, eru bensín- bílar, sem breytt hefur verið í rafbíla. Þess vegna eru rafbílar 50 - 100 % dýrari en fjöldaframleiddir bensínbílar. Þess er beðið að hinir stóru bílaframleiðendur heims hefji fjöldaframleiðslu rafbíla og þá verður engin ástæða til að ætla, að þeir verði dýrari sem nokkru nemur og jafnvel á sama verði. General Motors í Bandaríkjunum hafa lýst því yfir, að þeir hyggist setja á markað fjöldaframleiddan rafbíl með þróuðum rafgeymum árið 1985, en þeim tímamörkum hefur nú verið seinkað.

Af framangreindum ástæðum er erfitt að gera fjárhagslegar athug- anir fram í tímann. Auk þess ríkir hér á landi óvissa um raf- orkuverð eða nánar tiltekið um það, hvernig háttað verði sölu á raforku til geymahleðslu. Að síðustu má nefna, að sköttun bíla, sem nota ekki bensín, til fjáröflunar vegna vegafra- kvæmda (þungaskattur), er þannig í framkvæmd, að hún er sér- lega ósanngjörn gagnvart litlum rafbílum, sem af eðlilegum ástæðum er ekki mikið ekið.

Framtíð rafbílsins á Íslandi er því háð því, hvort stjórnvöld gera nauðsynlegar leiðréttingar á þungaskattinum og hvort

rafveitur leggi fram einhverja stefnu í gjaldskrármálum, sem gefi tryggingu fram í tímann um að raforka fái til hleðslu rafgeyma á sanngjörnum kjörum. Á meðan rafbílar eru framleiddir á þann hátt að breyta bensínbílum gæti framleiðsla rafbíla á Íslandi örvað notkun þeirra þar sem aðflutningsgjöld á bílum eru mjög há. Til að örva notkun rafbíla mætti einnig hugsa sér að lækka aðflutningsgjöld þeirra í hundraðshluta talið þannig, að ríkið fengi í krónu tölu svipuð aðflutningsgjöld af rafbíl og sambærilegum bensínbíl. Með tilvísun til þess, að flytja má inn flugvélar og allt niður í þær allar minnstu og einnig varahluti í þær án aðflutningsgjalda væri ekki óeðlilegt að örva notkun rafbíla með lökkun aðflutningsgjalda.

Greiða skal þungaskatt af öllum bílum, sem nota ekki bensín. Af bílum, sem eru að eigin þyngd minna en 4000 kg skal greiða árlegt gjald skv. þyngd. Fyrir bíl, sem er minna en 2000 kg er skatturinn fyrir árið 1984 kr. 24.655. Fyrir bíla, sem eru 4000 kg eða meira skal greiða þungaskatt skv. eignum kílómetrum og skv. heildarþyngd. Kílómetragjaldið hefur yfirleitt verið endurskoðað tvisvar á ári. Það var síðast ákveðið þann 27. desember 1983 og er nú fyrir bíl, sem er 4,0 - 4,9 tonn 1,32 kr/km.

Leyft hefur verið að greiða kílómetragjald í stað fasts árgjalds fyrir bíla, sem eru léttari en 4 tonn, ef þess er óskað.

Af bensínbílum er greiddur skattur til uppbyggingar vegakerfisins með svonefndu bensíngjaldi, sem felld er inn í bensínverðið. Bensíngjaldið hefur yfirleitt verið endurskoðað fjórum sinnum á ári og er nú 5,37 kr/l.

Gera má ráð fyrir að bensínbíll, sams konar og af svipaðri stærð og rafbíll háskólans noti um 0,09 lítra af bensíni á hvern kílómetra að meðaltali yfir árið. Eins og áður er getið má reikna með að rafbíll noti 0,6 kWh/km að meðaltali yfir árið. Bensínverðið er nú, þ.e. 1. maí 1984, 22,30 kr/l.

Ætla má að akstur rafbíls gæti verið 5.000 - 10.000 km á ári. Þungaskattur skv. föstu árgjaldi verður þá 2,47 - 4,93 kr/km. Fyrri hluta þessa árs hefur kílómetragjaldið fyrir minnsta bíl verið 1,32 kr/km, þ.e. 26,8 - 53,4 % af föstu árgjaldi. Því ber að velja kílómetragjald enda þótt segja megi, að það sé mjög ósanngjarnnt að greiða sama þungaskatt af rafbíl, sem er 1066 kg að eigin þyngd og sem einungis er nothæfur í þéttbýli og af vörubíl, sem er allt að 5 tonn að heildarþyngd.

Samkvæmt ákvörðun ríkisstjórnarinnar frá 1979 er rafbíll háskólans undanþegin þungaskatti þar sem um tilraunabíl er að ræða. Ef greiddur væri þungaskattur, mundi hann vera í dag (1. maí 1984) 1,32 kr/km eða 1,24 kr/t·km. Sams konar bensínbíl með áætlaða bensínnotkun 0,09 l/km og áætlaða eiginþyngd 650 kg mundi í dag greiða í vegasjóð í gegnum bensínverðið, þ.e. bensín gjald 0,48 kr/km eða 0,74 kr/t·km. Af rafbíl væri þannig greitt 158 % herra framlag í vegasjóð á hvern ekinn km en af bensínbíl eða 68 % herra, reiknað á tonn-kílómetra.

Af framanskráðu er ljóst, að íslensk stjórnvöld hafa ekki sýnt áhuga á því að örva notkun rafbíla heldur þvert á móti. Ekki hefur á því staðið að vekja athygli stjórnvalda á því, hve fráleitir reglurnar um þungaskattinn eru.

Á Íslandi eru 22 rafveita, hver með sína gjaldskrá. Til að gera sér grein fyrir raforkukostnaði rafbíls verður reiknað með gjaldskrá Rafmagnsveitu Reykjavíkur og orkunotkun rafbíls háskólans, þ.e. 0,6 kWh/km. Miðað við árlegan akstur 5.000 - 10.000 km verður ársnotkunin 3.000 - 6.000 kWh, þ.e.a.s. af svipaðri stærðargráðu og heimilisnotkun.

Gert er ráð fyrir möguleikum á að fá keypta raforku skv. rofnum töxtum þar sem hleðsla rafgeyma er mjög vel til þess fallinn að nýta umframorku, þ.e. utan þess tíma, sem mesta álag er hjá rafveitunum. Nokkrum erfiðleikum er bundið að finna út úr hinni birtu gjaldskrá Rafmagnsveitu Reykjavíkur við hvaða kjörum slík raforkusala mundi fara fram.

Alveg frá þeim tíma að söluskattur og verðjöfnunargjald var felld niður af raforku til húshitunar og fram til 1. ágúst 1982 voru rofnir taxtar í gjaldskrá Rafmagnsveitu Reykjavíkur tvenns konar, þ.e. án söluskatts til húshitunar og með söluskatti til annarar hitunar svo sem iðnaðarhitunar. Í gjaldskrá Rafmagnsveitu Reykjavíkur eru nú einungis rofnir taxtar án söluskatts og verðjöfnunargjalds. Eru þeir nefndir "hitunartaxtar", þ.e. ekki gerður greinarmunur á húshitun og annarri hitun. Nú ber að greiða söluskatt og verðjöfnunargjald af allri raforku annari en til húshitunar. Verður því að reikna með, að sala á raforku til rafbíla skv. rofnum töxtum yrði skv. birtum einingarverðum í töxtum C 2 (daghitun) og C 3 (naturhitun) að viðbættum söluskatti og verðjöfnunargjaldi, samtals 42,5 %.

Reyndar væri ekki óeðlilegt að gera kröfu til þess að orka á rafbíla, sem bera sama þungaskatt og dísilbílar, væri undanþegin söluskatti eins og dísilolía, sem hefur verið söluskattsfrí síðan 1979. Ekki er þó neitt sem bendir til þess, að þess megi vænta og því er ekki ástæða til að athuga raforkukostnað rafbíls miðað við það.

Ef rafbíll væri notaður sem fjölskyldubíll kæmu til greina eftirfarandi gjaldskrárliðir:

Almennur taxti, A 1	3,46 kr/kWh
Hitunartaxti, C 2 + 42,5 %. Rof 2 x 2 tímar	1,24 kr/kWh
	+ 3.563 kr/ár
Hitunartaxti, C 3 + 42,5 %. Rof 12 tímar	0,74 kr/kWh
	+ 3.563 kr/ár

Ef bíllinn er þjónustubíll hjá fyrirtæki með afltaxta og ef reiknað er með að hleðslan hafi ekki áhrif á mestu aflnotkun, kemur til viðbótar hreint kWh-verð, 0,82 kr/kWh.

Raforkukostnaðurinn í kr/km og % af bensínkostnaði pr. 1. maí 1984 er sýndur á töflu 4. Bensínverðið er 22,30 kr/l (frá og með 7. apríl 1984).

Tafla 4 Rafmagnskostnaður í kr/km og í % af  
bensínkostnaði pr. 1. maí 1984

Árlegur akstur, km	5.000		10.000	
	kr/km	%	kr/km	%
Heimilistaxti, A 1	2,08	103,6	2,08	103,6
Hitunartaxti, C 2 + 42,5 % Rof 2 x 2 tímar	1,46	72,6	1,10	54,8
Hitunartaxti, C 3 + 42,5 % Rof 12 tímar	1,16	57,6	0,80	39,9
Afltaxti, aðeins orkugjald	0,49	24,5	0,49	24,5

Raforkukostnaðurinn í kr/km og % af bensínkostnaði fyrir tæpum 5 árum síðan, þ.e.a.s. pr. 15. júní 1979, rétt áður en rafbíll háskólans var keyptur, er sýndur í töflu 5. Á þeim tíma var bensínverðið 256,00 gkr/l eða 2,56 kr/l (05.05.79 - 12.07.79). Síðan þá hefur bensínverðið því hækkað um 771 % eða að meðaltali um 55,6 % á ári. Raforkuverðin, sem notuð eru í töflu 5 giltu tímabilið 02.05.79 - 01.08.79.

Tafla 5 Rafmagnskostnaður í kr/km og í % af  
bensínkostnaði pr. 15. júní 1979  
(Nýkrónur)

Árlegur akstur, km	5.000		10.000	
	kr/km	%	kr/km	%
Heimilistaxti, 3.1	0,183	79,6	0,183	79,6
Hitunartaxti, 5.2 Rof 2 x 2 tímar	0,076	33,1	0,067	29,2
Hitunartaxti, 5.3 Rof 12 tímar	0,048	20,8	0,039	17,0
Afltaxti, aðeins orkugjald	0,044	19,0	0,044	19,0

Í töflu 6 er sýnd hækkun á raforkukostnaði rafbíls síðastliðinn 5 ár (15.06.79 - 01.05.84) og á bensínkostnaði.

Tafla 6                      Hækkun rafmagns- og bensínkostnaðar  
í hundraðshluta 1979 - 1984

Árlegur akstur, km	5.000	10.000
Heimilistaxti	1033	1033
Rofið 2 x 2 tímar	1813	1534
Rofið 12 tíma	2309	1941
Afltaxti, aðeins orkugjald	1023	1023
Bensín	771	

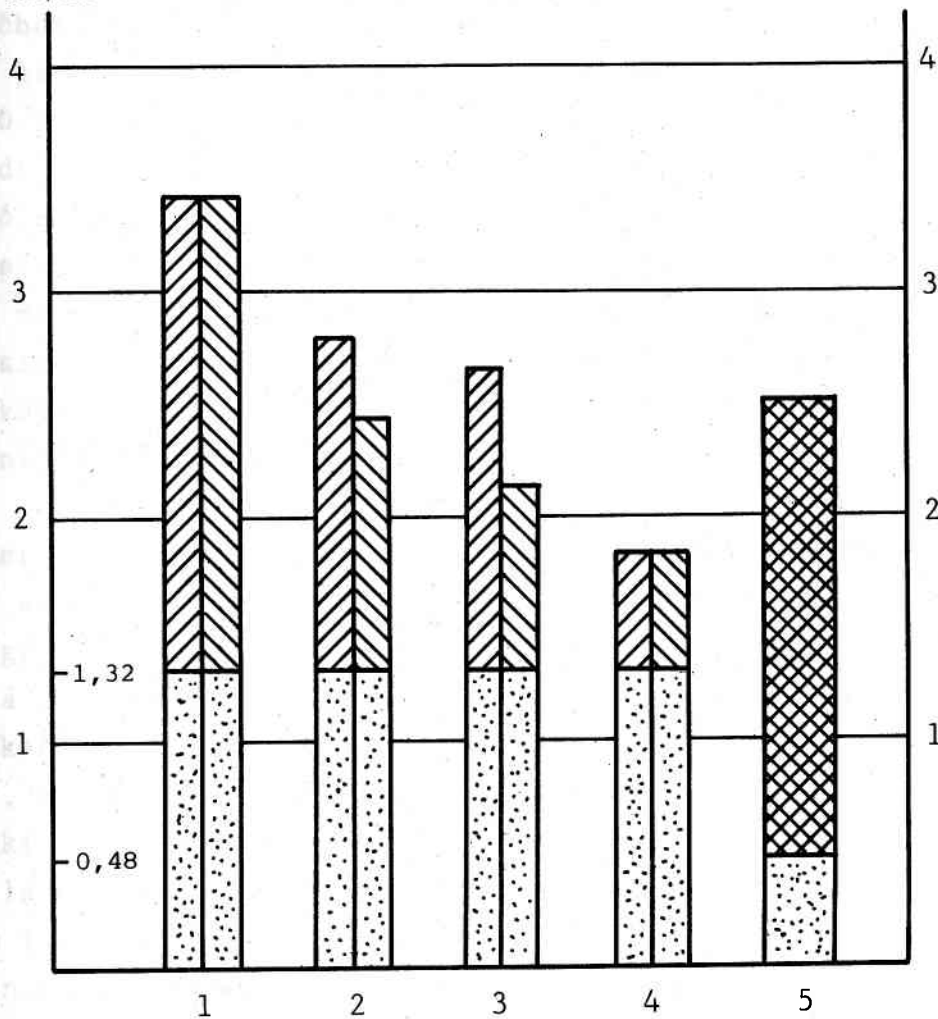
Eins og sjá má af töflu 6 hefur raforkukostnaður rafbíls skv. almennum taxta og iðnaðartaxta hækkað u.þ.b. 30 % meira en bensínkostnaður samsvarandi bensínbíls en skv. rofnum töxtum um 90 - 180 % meira. Hin mikla hækkun á rofnum töxtum stafar að nokkru leyti af hækkun orkugjaldsins umfram hækkun bensínverðs en þó að mestu leyti vegna hins óeðlilega fastagjalds, sem tekið hefur verið upp á tímabilinu og sem er ekki í öðrum töxtum en hitunartöxtum.





Ef bera á saman orkukostnað rafbíls og bensínbíls verður að taka með þungaskattinn, sem greiddur er af rafbíl, þar sem vegaskattur bensínbíls, þ.e. bensíngjaldið er inni í bensínverðinu.

Á mynd 2 er sýndur samanlagður orkukostnaður og vegaskattur rafbíls og hvernig hann skiptist. Ennfremur er sýndur bensínkostnaður samsvarandi bensínbíls og hvernig hann skiptist í annars vegar vegaskatt, þ.e. bensíngjald, og hins vegar í annan kostnað. Fyrir rafbílinn er reiknað með þungaskatti skv. km-gjaldi þar sem fast árgjald kemur ekki til greina eins og áður hefur verið greint frá.

Mynd 2 Orkukostnaður og gjald í vegasjóð pr. 01.05.84

kr/km



-  Orkukostnaður við 5.000 km akstur á ári. Rafbíll
-  Orkukostnaður við 10.000 km akstur á ári. Rafbíll
-  Bensínkostnaður án bensínjalds. Bensínbíll
-  Gjald í vegasjóð

1. Heimilistaxti
2. Rofið 2 x 2 tíma á sólarhring
3. Rofið 12 tíma á sólarhring
4. Afltaxti, aðeins orkugjald
5. Bensín

Til að finna heildarrekstrarkostnað rafbíls þarf að bæta við orkukostnaðinn og þungaskattinn öðrum rekstrargjöldum, svo sem fjármagnskostnaði, viðhaldskostnaði og tryggingargjöldum. Þar til viðbótar kemur svo fjármagnskostnaður rafgeymanna, sem afskrifa þarf á 3 - 5 árum. Eins og áður getur er rafbílinn 50 - 100 % dýrari en bensínbílinn en skv. reynslu, m.a. í Englandi má afskrifa hann á 50 % lengri tíma en bensínbílinn. Engu að síður má reikna með hærri fjármagnskostnaði af rafbíl en bensínbíl. Viðhald rafbíla hefur reynst minna en bensínbíla. Reikna má með að það sé 30 - 40 % minna. Að lokum kemur svo olíukostnaður rafbílsins vegna upphitunar hans með olíumiðstöð en sá kostnaður hefur reynst vera óverulegur eða af stærðargráðunni 0,05 - 0,10 kr/km.

Sá annar rekstrarkostnaður en orkukostnaður og þungaskattur, sem er afgerandi um samkeppnishæfni rafbíls gagnvart bensínbíl, er rafgeymakostnaður. Þar sem ekki hefur verið neinn innflutningur á dráttargeymum í smábíla eru upplýsingar um verð mjög takmarkaðar. Vegna hins hlutfallslega háa verðs á bandarískum dollar, mikils flutningskostnaðar og vegna þess að Bandaríkin eru ekki í EFTA eru bandarískir rafgeymar hlutfallslega dýrir hér á landi. Frá Jet Industries í Texas kostaði sett af rafgeymum í rafbíl háskólans á miðju ári 1983 \$ 1125, sem með flutningskostnaði og aðflutningsgjöldum var á þeim tíma um 55.000 krónur. Frá Danmörku var þá hægt að fá dráttargeyma (rörplötugeyma), sem eru mun endingarbetri en umræddir geymar frá Bandaríkjunum (grindarplötugeymar) fyrir um 10 % lægra verð. Þar sem afskrifa þarf rafgeymana á 3 - 5 árum er ljóst af mynd 2 að rafbíl getur ekki keppt við bensínbílinn kostnaðarlega séð. Reyndar má ætla, að geymakostnaðurinn lækki ef notkun rafbíla verður umtalsverð og rafgeymar í þá verða á almennum markaði en þurfa ekki að flytjast inn sérstaklega. Það eitt gæti þó ekki gert rafbílinn samkeppnisfæran.



## 6. EFTIRMÁLI

Af framangreindum tölum um raforkukostnað, þungaskatt og geymakostnað er ljóst, að ekki þarf að gera frekari kostnaðarathugun til að sjá, að rafbíll getur ekki keppt við bensínbílinn með núverandi raforkuverði og söluskilmálum rafveitna og með hinum óréttlátu reglum um þungaskatt. Skv. þeim tölum, sem skýrsluhöfundur hefur séð um rekstur rafbíla í öðrum löndum er hreinn rekstrarkostnaður þeirra lægri en sambærilegra bensínbíla. Það hljómar því dálítið einkennilega að Íslendingar með alla sína vatnsorku og með eitt hæsta bensínverð í heimi, ef ekki það allra hæsta, geta ekki notað rafbíla vegna of mikils rekstrarkostnaðar. Í öðrum löndum er það aðallega hið stutta akstursvið rafbílsins, sem hindrar notkun hans en ekki hár rekstrarkostnaður.

Á mynd 3 er sýndur samanburður á rekstrarkostnaði rafbíls, bensínbíls og dísilbíls, sem breska rafbílasambandið The Electric Vehicle Association of Great Britain Ltd. (EVA) gerði 1977. Niðurstöður samanburðarins eru þær, að það sé 83 % dýrara að reka bensínbíl en rafbíl og 69 % dýrara að reka dísilbíl.

Samanburður EVA og framangreindar niðurstöður af prófunum með rafbíl háskólans gefa fullt tilefni til að hugleiða alvarlega stöðu okkar í orkumálum. Ljóst er að það er virkilega ástæða til fyrir íslensk stjórnvöld að kanna, hvað hægt er að gera til að stuðla að notkun rafbíla og á þann hátt að gera Íslendinga minna háða bensín- og olíuinnflutningi en nú er og til að minnka mengun.

Reykjavík í maí 1984

Gísli Jónsson

prófessor í raforkuverkfræði

Mynd 3 Samanburður á rekstrarkostnaði bíla,  
EVA 1977

Comparison of operating costs of 30 cwt (1524 kg) payload electric, petrol, and diesel vehicles on retail delivery work			
	<i>Electric</i>	<i>Petrol</i>	<i>Diesel</i>
<b>Capital Costs</b>	£	£	£
Vehicle less tyres ... ..	2603.00	3724.17	4191.53
Tyres (4) ... ..	130.00	115.80	115.80
Battery, 36 cells 423 ahc ... ..	2069.28	—	—
Charger, Single rate taper 36 cells 50 amp ... ..	423.00	—	—
	<u>5225.28</u>	<u>3839.97</u>	<u>4207.33</u>
<b>Standing Charges (each year)</b>			
Depreciation of vehicle ... ..	195.23	670.35	754.48
Depreciation of battery ... ..	395.35	—	—
Depreciation of charger ... ..	35.25	—	—
Licence ... ..	55.00	84.00	84.00
Insurance ... ..	55.50	74.00	74.00
Interest on capital cost ... ..	306.99	245.76	275.67
	<u>1043.32</u>	<u>1074.11</u>	<u>1188.15</u>
<b>Running Costs each mile</b>	p	p	p
Electricity at 2.5p per kWh ... ..	2.5	—	—
Fuel ... ..	—	8.3	5.9
Tyres ... ..	0.86	0.77	0.77
Maintenance ... ..	7.4	18.94	17.28
	<u>10.76</u>	<u>28.01</u>	<u>23.95</u>
<b>Total operating costs each week</b>	£	£	£
Standing charges ... ..	20.06	20.65	22.85
Running costs ... ..	21.09	54.90	46.94
	<u>41.15</u>	<u>75.50</u>	<u>69.79</u>
<b>Total YEARLY operating costs ...</b>	£2139.80	£3928.60	£3629.08
Cost per mile ... ..	21p	38.5p	35.6p
Comparison Index ... ..	100	183	169

**NOTE:** Some manufacturers and users costings may vary from the above. Electric vehicle manufacturers offer surveys which will produce much more accurate figures.