



HÁSKÓLI ÍSLANDS
FÉLAGSVÍSINDASVIÐ

VIÐSKIPTAFRÆÐIDEILD

Rafbílar á Íslandi

Samanburður liftímakostnaðar bíla með ólíka orkugjafa

Óli Halldór Konráðsson

Lokaverkefni til BS-gráðu í viðskiptafræði

Leiðbeinandi: Gylfi Magnússon, dósent

Viðskiptafræðideild

Félagsvísindasvið Háskóla Íslands

Október 2014

Rafbílar á Íslandi, samanburður líftímakostnaðar bíla með ólíka
orkugjafa

Ritgerð þessi er 6 eininga lokaverkefni til BS prófs við
Viðskiptafræðideild, Félagsvísindasviði Háskóla Íslands.

© 2014 Óli Halldór Konráðsson

Ritgerðina má ekki afrita nema með leyfi höfundar.

Prentun: Háskólaprent

Reykjavík, 2014

Formáli

Ritgerð þessi er B.Sc. prófs í viðskiptafræði við Háskóla Íslands. Tilgangur hennar er að kanna fýsileika rafbílavæðingar á Íslandi með samanburði á nokkrum bíltegundum með ólíka orkugjafa. Rafbílatækni hefur verið í örri þróun undanfarin ár og rafbílar bjóða upp á mikla möguleika við að draga úr útblæstri gróðurhúsategunda sem og að minnka áhrif innfluttrar olíu á efnahagskerfið.

Ég vil þakka leiðbeinanda mínum Gylfa Magnússyni, dósent við Viðskiptafræðideild Háskóla Íslands fyrir leiðsögn og ábendingar.

Einnig vil ég þakka konu minni Hólmfríði Jensdóttur fyrir stuðning og þolinmæði á verkefnatímanum, Hrefnu Jensdóttur fyrir aðstoð og Ragnari Þórissyni fyrir yfirlestur og ábendingar.

Útdráttur

Rafbílar hafa verið í örri þróun undanfarin ár. Framfarir í rafhlöðutækni hafa lækkað verð og bætt frammistöðu rafbíla verulega á örfáum árum og sérfræðispár gera ráð fyrir tölувvert meiri verðlækkunum bæði skemmri og lengri tíma. Í verkefninu er leitast við að svara hvort rafbílar séu við núverandi aðstæður orðnir að raunhæfum valkosti við hefðbundna bensín- og díselbíla. Gerður var kostnaðarsamanburður á rafbíl og völdum bílum, bæði frá sjónarhorni bíleigenda og samfélagsins. Einnig voru kannaðar helstu áskoranir og tækifæri við innleiðingu rafbíla.

Helstu niðurstöður voru þær að miðað við forsendur samanburðar eru rafbílar frá sjónarhorni bíleigenda fyllilega samkeppnishæfir við hefðbundna bíla bæði við 5 ára og 10 ára tímaramma. Frá sjónarhorni samfélagsins er rafbíll enn tölувvert dýrari en hefðbundnir bílar ef litið er til kostnaðarliða sem bíleigendur greiða. Samanburður tekur þó ekki tillit til umhverfisáhrifa eða efnahagsáhrifa af notkun innlends orkugjafa.

Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	1
1.1	Aðferðir	1
2	Af hverju þufum við að skipta um orkugjafa á bíla?.....	3
2.1	Umhverfissjónarmið – útblástur gróðurhúsalofttegunda.....	3
2.2	Alþjóðaskuldbindingar – reglur um útblástur	4
2.3	Efnahagsleg áhrif - Að vera háður innfluttum orkugjafa.....	4
2.4	Öryggissjónarmið og stöðugleiki - Verðflökt bensíns og rafmagns.....	6
2.5	Innlend orkuframleiðsla – gnótt ódýrrar endurnýjanlegrar orku	8
3	Möguleikarnir í stöðunni	9
3.1	Rafbílar	9
3.1.1	Samanburður milli rafbíla og bíla með sprengihreyfil	9
3.2	Tvinnbílar.....	10
3.3	Tengiltvinnbílar.....	10
4	Áskoranir og tækifæri við rafvæðingu	12
4.1	Orkunýtni.....	12
4.2	Rafhlöður.....	12
4.3	Li-ion rafhlöður.....	12
4.3.1	Kostir og gallar Li-ion rafhlaðna	13
4.4	Áskoranir í rafhlöðuframleiðslu og þróun	13
4.5	Drægni	15
4.6	Drægnikvíði	16

4.7	Uppbygging innviði – hleðslukerfi	17
5	Hver er staðan í Íslandi í dag.....	19
5.1	Hver er kostnaður þjóðfélagsins af olíu?	20
5.2	Skuldbindingar ríkisins.....	20
6	Hver er kostnaður við rafbíla samanborinn við aðra bíla?	22
6.1	Kaupverð nýs bíls.....	22
6.2	Rekstrarkostnaður – forsendur	22
6.3	Nokkur orð um afföll	23
6.4	Val á samanburðarbílum	24
6.5	Fimm ára samanburður.....	25
6.6	Ný rafhlaða í Nissan Leaf	26
6.7	Tíu ára samanburður	27
6.8	Samfélagslegur kostnaður.....	28
6.8.1	Kaupverð	29
6.8.2	Orkuverð	29
6.8.3	Viðhald og viðgerðir	30
6.8.4	Samanburður	30
6.8.5	Næmnigreining samfélagslegs kostnaðar – forsendur	31
6.8.6	Eknir kílómetrar	31
6.8.7	Olíuverð.....	32
6.8.8	Áhrif rafhlöðu.....	32
7	Umræður	34
8	Lokaorð	37
	Heimildaskrá	38

Myndaskrá

Mynd 1 : Olía - notkun innanlands á árinu 2012	5
Mynd 2 : Innflutningur olíu sem hlutfall af heildarinnflutningi.....	5
Mynd 3 : Innflutningur olíu án flugsamgangna 1999-2013 í tonnum og DIF verði á verðlagi des 2013	6
Mynd 4 : Verð á 95 okt bensíni og kWst í Reykjavík og hlutfallsleg breyting á árunum 1999-2013.....	7
Mynd 5 : Brent Norðursjávarolía FOB spot verð (USD per tunnu) nóvember 1999 til nóvember 2013	7
Mynd 6 : Raforkuvinnsla á hvern íbúa 2011 í Megawattstundum 10 hæstu landa	8

Töfluskrá

Tafla 1 : Söluaðilar á bensíni og dísel á Íslandi	17
Tafla 2 : Fjöldi fólksbíla eftir orkugjafa	19
Tafla 3 : Meðalakstur á ári eftir orkugjafa	20
Tafla 4 : Samanburður á kostnaði bíleigenda til 5 ára	26
Tafla 5 : Samanburður á kostnaði bíleigenda til 10 ára.....	27
Tafla 6 : Samanburður á kostnaði bíleigenda til 10 ára án rafhlöðuskipta	28
Tafla 7 : Samanburður kaupverðs að frádegnum vörugjöldum og virðisaukaskatti.....	29
Tafla 8 : Samanburður orkukostnaðar að frádegnum sköttum	30
Tafla 9 : Samanburður viðhalds- og viðgerðarkostnaður að frádegnum virðisaukaskatti.....	30
Tafla 10 : Samanburður á samfélagskostnaði til 10 ára	31
Tafla 11 : Næmnigreining á samfélagskostnaði út frá breytingum á eknum kílómetrum	32
Tafla 12 : Næmnigreining á samfélagskostnaði út frá breytingum á olíuverði	32
Tafla 13 : Samanburður á samfélagskostnaði án kaupa á rafhlöðu	33

1 Inngangur

Markmið þessa verkefnis er að kanna fýsileika þess að innleiða raffólksbíla á Íslandi með skipulögðum hætti. Ákveðið var að rannsaka hvort ábati væri til staðar, bæði fyrir bíleigendur og samfélagið í heild. Rannsóknaraðferðin sem varð fyrir valinu var samanburður á nokkrum vinsælum bílategundum með ólíkum orkugjöfum.

Innleiðing myndi fela í sér móton heildstæðrar stefnu stjórnvalda og annarra opinberra aðila sem miðaði að því að fjölga verulega rafbílum í umferð á kostnað hefðbundinna bíla. Hugmyndin sem lagt var af stað með var að til þess að gera rafbíla að raunverulegum valkosti við hefðbundna bíla þurfi að skapa jákvæða hvata til nokkurra ára og setja skýr viðmið um árangur. Hvatar gætu verið í formi áframhaldandi niðurfellinga virðisaukaskatts sem styður við álagningu vörugjalda sem er mjög hagstæð vistvænum bílum. Stefnumörkun þarf að ná yfir mun lengra tímabil en hingað til hefur tíðkast. Niðurfellingar virðisaukaskatts hafa einungis verið virkar í eitt ár í senn en framlengdar af þingi um ár í einu. Óvissa ríkir því um hvert framhald verður eftir árslok 2014.

Íslendingar eru í einstakri stöðu á heimsmælikvarða til að skipta út hefðbundnum bílum með sprengihreyflum fyrir rafbíla. Á Íslandi er gnótt ódýrrar og hreinnar raforku. Hvergi í veröldinni er sambærileg raforkuframleiðsla á mann, um 52 Megawattstundir á ári og það sem mest er um vert er að hún er nær öll framleidd með vistvænum og endurnýjanlegum hætti úr vatnsföllum og jarðvarma. Íslendingar ættu því kost á að gera mikinn hluta vegasamgangna eins umhverfisvænar og nokkurs staðar þekkist í veröldinni með rafbílavæðingu.

1.1 Aðferðir

Verkefnið er í formi heimildaritgerðar að stóru leyti en lýkur á kostnaðarsamanburði, bæði frá sjónarhlí neytenda og samfélagsins. Allar heimildir voru sóttar á internetinu og sóst eftir gögnum og skýrslum frá stofnunum, bæði einstakra þjóðríkja og alþjóðlegum. Einnig var töluvert leitað í sarp nokkura virtra vísendamanna á þeim sviðum sem það var kostur og af heimasíðum fræðilegra tímarita á sínum sviðum til að allar upplýsingar væru eins ábyggilegar og frekast var unnt. Allar heimildir sem vitnað er til eru í opnum aðgangi

almennings. Því miður fannst minna af íslensku efni sem uppfyllti ofangreind viðmið en vonast var eftir. Til að mynda fannst engin heildstæð íslensk stefnumörkun af hálfu stjórnvalda um upptöku vistvænna orkugjafa, aðeins brotakenndar upplýsingar og tillögur ráðgefandi nefnda. Margar alþjóðastofnanir auk þýskra og bandarískra stofnana reyndust hins vegar vera fróðleiksnámur um allt sem viðkemur rafbílum og innleiðingu þeirra.

2 Af hverju þufum við að skipta um orkugjafa á bíla?

Hefðbundnir bílar, þ.e. bílar með sprengihreyfla hafa gert mannkyninu kleift að ferðast með tiltölulega ódýrum, hröðum og skilvirkum hætti um margra áratuga skeið. Tæknin hefur jafnframt þróast verulega svo bílar hafa orðið fullkomnari, öruggari og sparneytnari með tímanum. Sprengihreyfum fylgja hins vegar ýmis vandamál sem farið verður betur yfir hér í kaflanum. Helsta eldsneyti á bíla með sprengihreyfla er olía, bæði í formi bensíns og díselolíu. Bruni olíunnar skapar mengun í formi útblásturs sem veldur óþægilegu andrúmsloft í borgum og nágrenni gatna en einnig á mun alvarlegri hátt með auka á gróðurhúsaáhrif eins og fram kemur í kafla um gróðurhúsalofttegundir. Fyrir Íslendinga hefur mikil notkun olíu jafnframt í för með sér samkeppni um kaup á vöru sem hefur hækkað mikið í verði undanfarin ár vegna utanaðkomandi hvata auk innlendar skattlagningar. Þannig fer stór hluti þeirra gjaldeyristekna sem Íslendingar vinna sér inn með útflutningi til olíukaupa til nota innanlands og veikir gengi gjaldmiðilsins okkar og hækkar verðlag í landinu. Notkun innlendra orkugjafa sem eru þess utan bæði vistvænir og ódýrir yrðu stórt framfaraskref fyrir Íslendinga vegna jákvæðra áhrifa á umhverfi og efnahagslífið okkar. Í kaflanum er farið ítarlegar yfir helstu rök með því að skipta um orkugjafa á bílaflota landsmanna.

2.1 Umhverfissjónarmið – útblástur gróðurhúsalofttegunda

Mikil leit, rannsóknir og þróun stendur yfir að vistvænum, endurnýjanlegum og ódýrum orkugjöfum til að leysa jarðefnaeldsneyti af hólmi og stemma stigu við hlýnun jarðar. Mannkynið hefur frá iðnbýtingunni um 1750 byggt að stóru leyti gríðarlega efnahagslega uppbyggingu og velgengni á notkun jarðefnaeldsneytis, s.s. olíu, kola og timburs. Við bruna þeirra myndast hins vegar óæskileg gös og skiptir þar mestu koltvísýringur (CO₂). Þessi gös valda svokölluðum gróðurhúsaáhrifum sem eru stór ástæða þess að lífvænlegt er á jörðinni. Ef þeirra nytí ekki við væri hitastig allt að 30°C kaldara en það er nú. Aukinn styrkur þeirra vegna brennslu jarðefnaeldsneytis hefur hins vegar leitt til fordæmalausrar hlýnunar andrúmslofts og sjávar á aðeins örfáum öldum. Áframhaldandi hlýnun getur

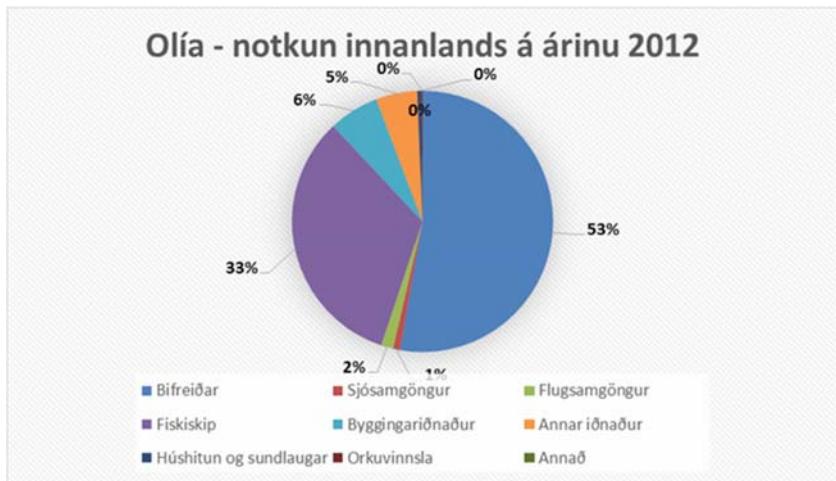
breytt öllum forsendum fyrir lífríki jarðar og í versta tilfelli gert jörðina óbyggilega (Vísindavefurinn, 2004). Það er því verulegur hvati fyrir framfarir í orkuframleiðslu, iðnaði og samgöngum en þessar greinar gefa frá mest magn gróðurhúsalofttegunda í heiminum. Það er þó hægara sagt en gert því gríðarlegir hagsmunir liggja undir hjá ýmsum aðilum s.s. seljendum jarðefnaeldsneytis. Grundvallar vandamálið liggur í markaðsbresti, þ.e. að frjáls markaður hafi ekki getað metið á raunhæfan hátt virði ómengoaðs andrúmslofts og þannig vanmetið virði þess gríðarlega og hagað framleiðslu með óskilvirkum hætti. Ekkert verð hefur verið til staðar til að gefa til kynna skort á ómenguðu andrúmslofti og því enginn hvati til að draga úr útblæstri viðkomandi gasa (A. Denny Ellerman, 2010).

2.2 Alþjóðaskuldbindingar – reglur um útblástur

Ýmsar ráðstafanir hafa verið gerðar af ríkjum veraldar undanfarin ár til að draga úr útblæstri gróðurhúsalofttegunda til að sporna við hlýnun jarðar. Rammasamningur Sameinuðu þjóðanna frá 1992 skuldbatt flest iðnríki veraldar til aðgerða og áætlanagerðar sem miðuðu að takmörkun gróðurhúsalofttegunda. Kyoto-bókunin svokallaða við rammasamninginn frá 1997 kveður svo á um frekari skuldbindingu iðnríkja til að minnka losun gróðurhúsategunda um 5,2% frá því sem var árið 1990. Þannig hafa mörg ríki notast við skattlagningu á útblástur eða skattfríðindi vegna minnkunar útblásturs (Umhverfisráðuneytið, 2008). Einnig hefur verið settur á laggirnar markaður með mengunarkvóta innan evrópska efnahagssvæðins þar sem löndum er úthlutað losunarkvóta sem þau úthluta svo til mengandi aðila innanlands. Kvótann er svo hægt að selja eða kaupa á markaði. Þannig má í það minnsta fræðilega gera mengun skilvirkari og mynda verð á mengun (A. Denny Ellerman, 2010).

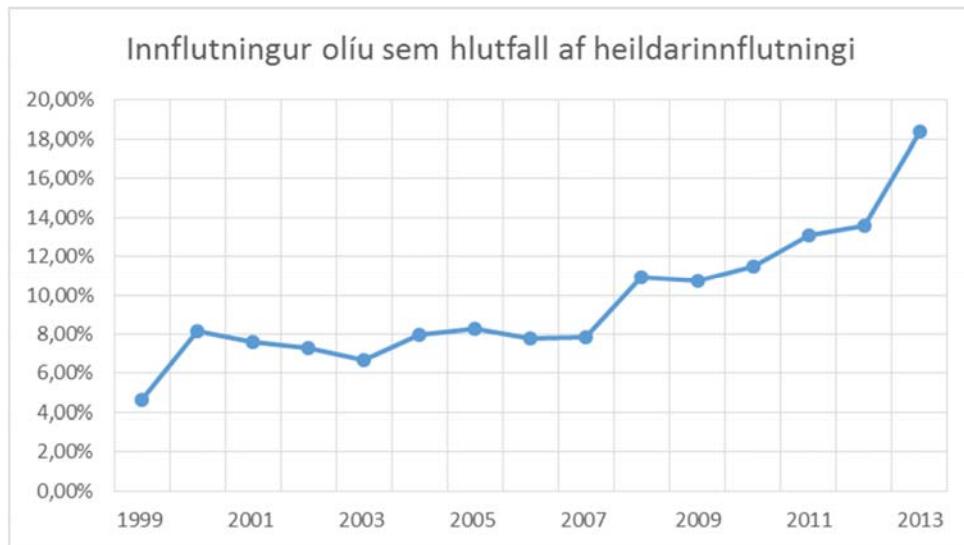
2.3 Efnahagsleg áhrif - Að vera háður innfluttum orkugjafa

Á árinu 2012 voru notuð um 470 þúsund tonn af olíu á Íslandi. Þar af fóru 247 þúsund tonn eða 52,7% í að knýja bifreiðar landsins (Orkustofnun, 2013). Hlutfallslega skiptingu má sjá á mynd 1.



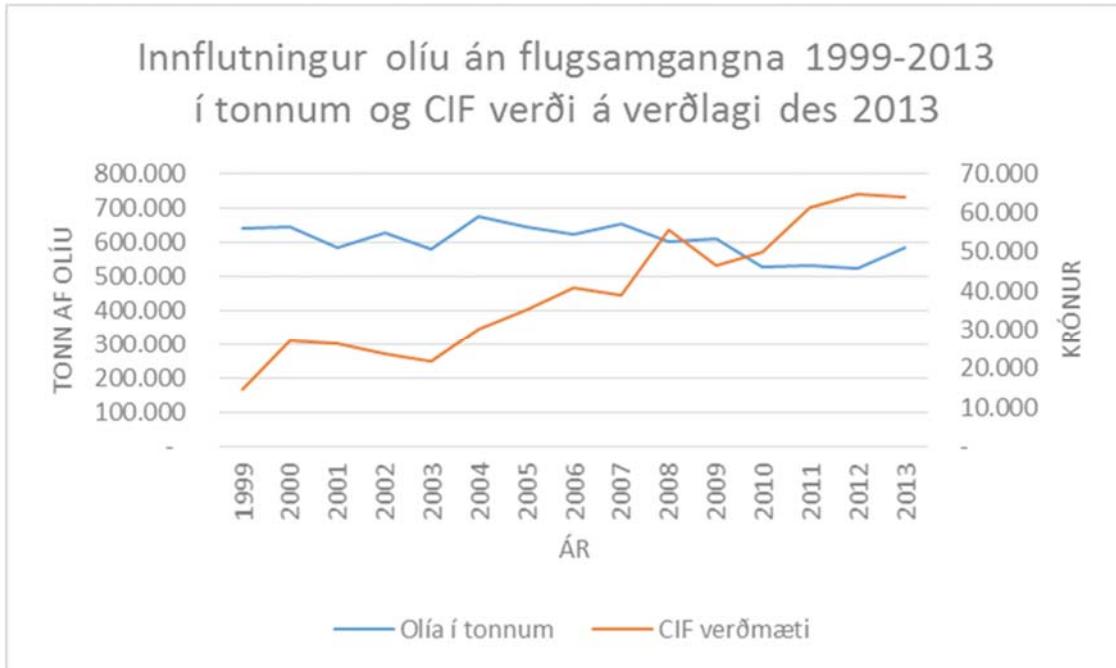
Mynd 1 : Olía - notkun innanlands á árinu 2012

Á árinu 2013 voru flutt inn um 937 þúsund tonn af olíu til eldsneytis fyrir 107,4 milljarð króna á CIF verði á verðlagi og gengi ársins 2013. Ef frá er dregin hlutur flugsamgangna er niðurstaðan 582 þúsund tonn fyrir 64,1 milljarða króna á CIF verði (Hagstofa Íslands c, 2014). Það er verulegur hluti af heildarinnflutningi til landsins, mældum í krónum, eða um 18,4% að meðtöldu eldsneyti til flugsamgangna en 11,0% án. Eins og sjá má á mynd 2 hefur hlutfall olíu af heildarinnflutningi hækkað verulega á frá árinu 1999 þegar hlutfallið var aðeins 4,6% (Hagstofa Íslands b, 2014). Þessar tölur gefa glögga mynd af því að framboð og verð á olíu á heimsmarkaði hefur veruleg áhrif á íslenskt viðskiptalíf og hagkerfi.



Mynd 2 : Innflutningur olíu sem hlutfall af heildarinnflutningi

Mælt í CIF verði hvers tíma á móti heildarinnflutningi á CIF verði

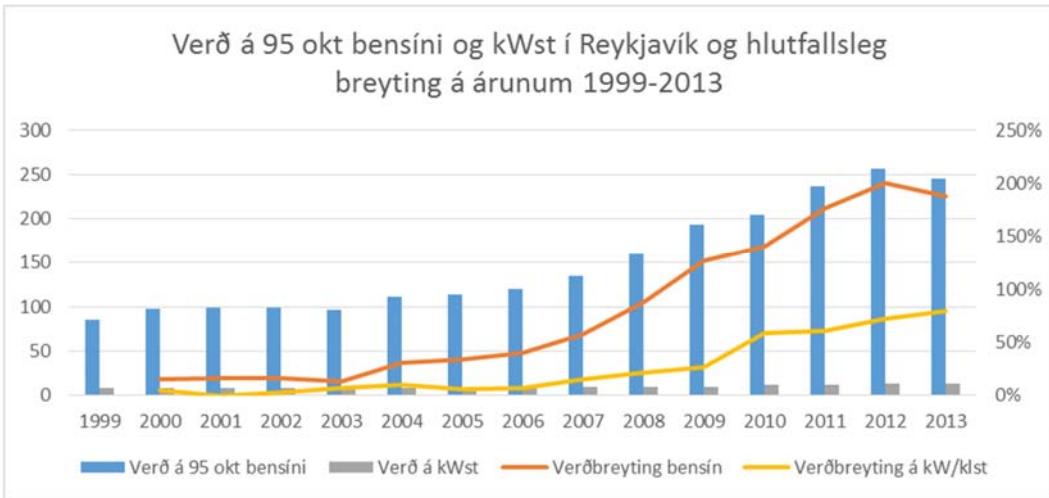


Mynd 3 : Innflutningur olíu án flugsamgangna 1999-2013 í tonnum og CIF verði á verðlagi des 2013

Á mynd 3 sést greinilega hvernig innflutningur olíu, ef ekki er tekið tillit til flugsamgangna, hefur farið minnkandi frá árinu 2004 en innflutningsverð hefur hækkað verulega á sama tíma. Magnbreyting yfir allt tímabilið hefur verið um 9% minnkun og 13,5% minnkun frá hágildi á árinu 2004 (Hagstofa Íslands b, 2014; Hagstofa Íslands a, 2014). CIF verð hefur hins vegar rúmlega fjórfaldast á sama tímabili. Í einföldu máli erum við að greiða fjórum sinnum meira fyrir minna, jafnvel þegar tekið er tillit til verðbólgu.

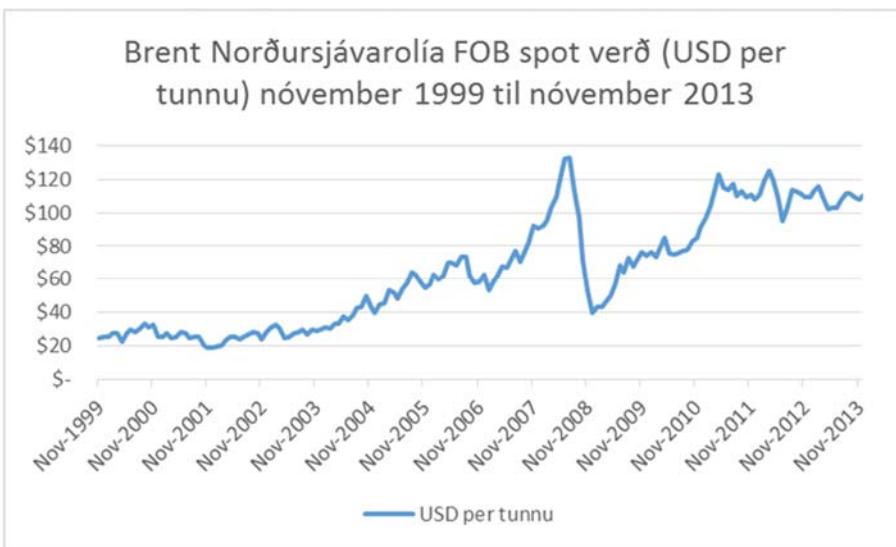
2.4 Öryggissjónarmið og stöðugleiki - Verðflökt bensíns og rafmagns

Frá árinu 1999 hefur útsöluverð 95 oktana bensíns per lítra nær þrefaldast, úr 85,4 krónum í 245 krónur á árinu 2013 miðað við mælingar Hagstofunnar í nóvember hvers árs. Á sama tímabili hefur útsöluverð á rafmagni til heimilisnotkunar í Reykjavík, mælt í krónum per kW stundum, hækkað um tæp 80%, úr 7,53 kr/kWst í 13,49 kr/kWst (Hagstofa Íslands e, 2014). Munurinn á verðþróun sést skýrt á mynd 4.



Mynd 4 : Verð á 95 okt bensíni og kWst í Reykjavík og hlutfallsleg breyting á árunum 1999-2013

Rafmagn í sölu á Íslandi er allt framleitt innanlands og verð ræðst því að mestu af innlendum aðstæðum. Inn í verðbreytingar á bensíni spila hins vegar fleiri breytur s.s. gengi íslensku krónunnar gagnvart bandarískum dollar sem er viðskiptamynntin í olíuviðskiptum og heimsmarkaðsverð olíu. Ef litið er til verðmyndunar á Brent Norðursjávarolíu sem er viðmið í verðlagningu olíu í heiminum, sjá mynd 5, má sjá að á tímabilinu nóvember 1999 til nóvember 2013 hefur verð á tunnu hækkað úr 24,58 USD í 107,79 USD. Verð hefur því rúmlega fjórfaldast sem endurspeglast í CIF verði olíuinnflutnings (U.S. Energy Information Administration, 2014).



Mynd 5 : Brent Norðursjávarolía FOB spot verð (USD per tunnu) nóvember 1999 til nóvember 2013

2.5 Innlend orkuframleiðsla – gnótt ódýrrar endurnýjanlegrar orku

Á árinu 2013 voru framleidd 18.113 Gígawattsstundir á Íslandi (GWst). Þar af voru 71% framleiddar með vatnsafli, 28,9% með jarðvarma og 0,03% með vindorku. Aðeins 0,02% voru framleidd með jarðefnaeldsneyti. Nær öll innlend raforka er því endurvinnanleg. Samkvæmt IEA, Alþjóðlegu Orkustofnuninni voru framleiddar á árinu 2011 52,2 MWst á hvern íbúa sem er það mesta sem þekkist í heiminum. Næsta þjóð á listanum var Noregur með 23,2 MWst á hvern íbúa (Orkustofnun b, 2014). Sérstaða Íslendinga sést berlega á mynd 6.



Mynd 6 : Raforkuvinnsla á hvern íbúa 2011 í Megawattstundum 10 hæstu landa

Íslendingar búa því við gríðargjöfular orkuuppsprettur sem eru endurnýjanlegar og gefa ekki frá sér sambærilega mengun eða hafa sömu hættueiginleika og orkuver sem byggja á jarðefnaeldsneyti eða kjarnorku. Það sem mest er um vert er að orkan er jafnframt mjög ódýr í framleiðslu og ódýr í kaupum þó svo það gæti breyst ef útflutningur hefst á raforku í náinni framtíð.

3 Möguleikarnir í stöðunni

Í þessum kafla er farið yfir aðra möguleika en hefðbundna bíla. Lítillega voru kannaðir möguleikar metans og vetnis sem orkugjafa en ákveðið að hvorugur væri til þess fallinn að leysa vanda sem innlendur orkugjafi. Metanið er einfaldlega ekki framleitt í nægilegu magni til þess að anna meira en 3-4000 litlum fólksbílum (Metan, 2010) en vetnisbílatæknin er enn ekki komin nægilega langt á veg til þess að vera raunverulegur kostur á allra næstu árum. Enn eru bílarnir sjálfir og dreifikerfi of dýrir. Vetnið er þó einn mest lofandi kosturinn til lengri tíma þar sem útblástur bíla yrði eininguis í formi vatns og hita og það gæti leyst vandamál drægni sem rafbílar eiga við (FuelEconomy.Gov b, 2014). Því miðast umfjöllun aðeins við rafbíla, tvinnbíla og tengiltvinnbíla. Með tilliti til íslenskra aðstæðna eru þó tvinnbílar síðri kostur en hinir þar sem þeir treysta eingöngu á jarðefnaeldsneyti en hafa lítt rafmótor sem fær afl af rafhlöðu sem hleðst við endurhleðslukerfi sem safnar orku sem verður til við bremsun og breytir í rafmagn. Rafbílar og tengiltvinnbílar myndu hins vegar nýta styrk Íslands sem felst í ódýru og umhverfisvænu rafmagni.

3.1 Rafbílar

Rafbílar eru bílar sem ganga beint og alfarið fyrir rafmagni sem geymt er í rafhlöðum í bílum. Helstu hlutar rafbílsins eru rafmótor, rafhlöður og stýring til að stjórna hröðun. Oftast er einnig endurhleðslubúnaður sem umbreytir hreyfiorku úr hemlun og umbreytir í raforku sem hleðst inn á rafhlöðu (Orkustofnun a, 2014). Rafhlöður geyma orkuna sem knýr bílinn og eru yfirleitt neðst í bílum til að halda þyngdarpunkti bílsins lágum.

3.1.1 Samanburður milli rafbíla og bíla með sprengihreyfil

Enginn sérstakur útlitsmunur er milli bílanna fyrir utan að rafbílar hafa ekki púströr fyrir útblástur. Þegar kemur að innri virkni eru rafbílar hins vegar afar ólíkir og allt að 70% af íhlutum rafbíls eru ólíkir því sem gerist í hefðbundnum bíl. Fyrir utan hjólabúnað hefur rafbíll í raun örfáa hreyfanlega hluti ólíkt því sem gerist í sprengihreyfli. Rafmótorinn hefur

aðeins örfáa hreyfanlega þætti. Rafbíllinn krefst því mun minna viðhalds vegna mun færri slitflata sem veldur lægri bilanatíðni. Sprengihreyfill krefst hins vegar reglulegra olíuskipta, stillinga og viðhalds á pústkerfi auk annara tilfallandi kerfa og bilana (Idaho National Laboratory, 2014).

Flestur annar búnaður en sem tengist drifkerfum bílanna er hins vegar sambærilegur í flestum tilvikum.

3.2 Tvinnbílar

Tvinnbílar eru blendingar af rafbíl og sprengihreyfilsbíl. Venjulegur tvinnbíll er knúinn með sprengihreyfli og notast aðeins við eldsneyti, s.s. díselolíu eða bensín. Tvinnbílar notast hins vegar við endurhleðslukerfi með sama hætti og rafbílar þar sem hreyfiorku er breytt í raforku við hemlun sem geymist í litlum rafgeymi. Hleðsla af rafhlöðu er svo nýtt af rafmótor sem styður við sprengihreyfil. Hægt er að nýta rafmótor með ólíkum hætti til að bæta virkni bílsins, til dæmis sem stuðning við sprengihreyfil á mestu álagsstundum við hröðun eða á keyrslu upp brekkur. Einnig er hægt að nota hleðsluna til að knýja bíl við lághraðaakstur þar sem sprengihreyfill hefur minnsta skilvirkni. Með því að nota rafmótor er hægt að minnka verulega eldsneytiseyðslu tvinnbíls og notast við minni vél án þess að tapa krafti. Rafmótorinn gefur einnig kost á því að drepa á vél þegar bíll stöðvast í umferð og ræsa hana svo aftur þegar keyrt er af stað, t.d. á umferðarljósum eða í þungri umferð. Þannig er hægt að koma í veg fyrir óþarfa eyðslu við að láta vél snúast í lausagangi. Toyota Prius er mesti soldi tvinnbíll í heimi og hafði selst í meira en tveimur milljónum eintaka árið 2012 (International Energy Agency c).

3.3 Tengiltvinnbílar

Tengiltvinnbílar eru náskyldir tvinnbílum en notast við öflugri rafhlöðu sem gerir kleift að hlaða þá í almennu rafkerfi. Tvær tegundir eru almennt í notkun af tengiltvinnbílum. Hin fyrri notast við samhliða kerfi þar sem bæði er notast við rafmótor og hefðbundna bílvél í að knýja bílinn jöfnum höndum sambærilegt og í hefðbundnum tvinnbíl. Sú síðari er að keyra bílinn sem rafmagnsbíl eins og hann kemst en nýta síðan sprengihreyfilinn í að framleiða rafmagn til að hlaða rafhlöðu fyrir rafmótor. Við skemmri ferðir þarf ekki að brenna neinu eldsneyti en drægni er þó auðvitað háð stærð rafhlöðupakka bílsins (International Energy Agency d). Chevrolet Volt notast við seinna kerfið sem fyrsta val en

getur notast við samhliða nýtingu við hraðakstur eða þegar hleðslu á rafhlöðu þrýtur (U.S. Department of Energy, 2011).

Bæði hefðbundnir tvinnbílar og tengiltvinnbílar draga verulega úr eldsneytiseyðslu bíla og um leið útblæstri gróðurhúsalofttegunda. Áætlað er að tengiltvinnbílar geti sparað 40-60% af eldsneyti í hefðbundnum akstri. Þannig næst umtalsverður sparnaður með litlum umhverfisáhrifum við íslenskar aðstæður, þar sem raforkuframleiðsla veldur litlum útblæstri og er endurnýjanleg. Tengiltvinnbílar eru þó töluvert dýrarí í innkaupum en hefðbundnir tvinnbílar og venjulegir bílar. Þeir leysa þó eitt vandamál rafbíla sem verður vikið að síðar, að vera ekki með takmarkaða drægni en missa þó ábata af eldsneytisparnaði ef þeim er ekið með sprengihreyfli eingöngu (International Energy Agency d).

4 Áskoranir og tækifæri við rafvæðingu

Rafbílatæknin gefur góð fyrirheit um framtíðina. Það þarf þó að yfirstíga ýmsar hindranir áður en rafbílar geta orðið almenn lausn. Hér er farið yfir kosti og galla rafbíla og lykil áskoranir og tækifæri.

4.1 Orkunýtni

Rafbílar nýta þá orku sem í þá fer mjög vel. Áætlað er að rafmótör skili um 80% af því afli sem inn á hann fer til hjólanna og rafhlaða og hleðslutæki hafi einnig skilvirkni um 80%. Þá er orkunýtni bílsins um og yfir 60% af því rafmagni sem hann tekur úr rafkerfi. Orkunýtni hefðbundins bensínþíls er hins vega 17-21% af þeirri orku sem býr í eldsneytinu (FuelEconomy.Gov a, 2014).

4.2 Rafhlöður

Í dag er fyrst og fremst notast við tvennar gerðir rafhlaðna í rafbíla og tengiltvinnbíla, nikkel málm rafhlöður (Nimh) og litínjóna rafhlöður (Li-ion). Langflestir tengiltvinnbílar og allir rafbílar nota þó Li-ion rafhlöður. Þar sem nær allir sérfræðingar eru sammála um að það verði Li-ion rafhlaðan sem muni drífa áfram rafbílaþróun á næstu árum er umfjöllunin miðuð við þá tegund.

4.3 Li-ion rafhlöður

Rannsóknir á Li-ion rafhlöðum hófst árið 1912 og náðu hámarki á 9. áratug 20. aldar. Hleðslurafhlöður af þessar tegund reyndust hættulegar þar sem Li í málatformi er afar óstöðugt efni, sér í lagi við hleðslu og áttu til að springa við ákveðnar aðstæður og gefa frá sér skot af brennandi gösum. Eftir það beindust rannsóknir að Li-ion rafhlöðum þar sem Li var notað í jónaformi. Þessi tegund hefur minni orkubéttini en málmutgáfan en er þess í stað mjög örugg í notkun svo fremi sem spennu og straumi er haldið innan öruggra marka í framleiðslu. Fyrsta Li-ion hleðslurafhlaðan fór í sölu á almennum markaði árið 1991 hjá Sony og síðan hefur þessi tegund rafhlaðna verið sú mest lofandi og hraðast vaxandi á rafhlöðumörkuðum (Buchmann a, 2011).

4.3.1 Kostir og gallar Li-ion rafhlaðna

Li-ion rafhlöður hafa mikla orkuþétt ni sem er almennt tvöfalt meiri en í nikkel kadmíum rafhlöðum. Það býður því upp á léttari og minni rafhlöður með sömu afkastagetu eða meiri. Þær eru auðveldar í notkun í samanburði við margar aðrar rafhlöður og þarfna til að mynda ekki sérstakra skilyrða við fyrstu hleðslu. Afhleðsla, þ.e. að rafhleðsla flytjist af rafhlöðu án tillits til notkunar, er afskaplega lítil og almennt aðeins helmingur af því sem gerist í nikkel rafhlöðum. Li –ion rafhlöður hafa heldur ekki einn leiðasta fylgifisk nikkel rafhlaða sem eru svokölluð minnisáhrif vegna uppsöfnunar í rafhlöðunni sem minnkar orkurýmd hennar nema hún sé afhlaðin reglulega. Síðast en ekki síst getur Li-ion rafhlaðan gefið frá sér mjög háan straum og drifið þannig áfram mjög straumfrekar vélar (Buchmann b, 2011).

Ókostir Li-ion rafhlaðna eru þó nokkrir þar sem þær eru tiltölulega viðkvæmar og krefjast því öryggis straumrásar til að viðhalda spennu og straumi innan öryggisviðmiða. Þær eru einnig enn sem komið er dýrar í framleiðslu sem hefur haft veruleg áhrif á eftirspurn eftir rafbílum (Buchmann b, 2011). Li-ion rafhlöður tapa eins og aðrar rafhlöður hleðslugetu sinni með tíma og notkun. Helstu breytur sem hafa áhrif á hleðslutap yfir tíma eru auðvitað tegund og efnasamsetning rafhlöðunnar þar sem Li-ion er í raun yfirtegundarnafn fyrir gríðarmargar efnasamsetningar með litínjónum og öðrum efnum. Aðrar mikilvægar breytur eru fjöldi hleðsla, umhverfishiti og notkunarmynstur. Við nægilega litla hlutfallslega notkun af hleðslu má hins vegar nýta Li-ion rafhlöður í allt að milljón hleðslum og koma í veg fyrir hleðslutap (Wiaux & Chanson, 2013). Það er þó ekki alltaf raunverulegt val í rafdrifnum bílum þar sem drægni er þegar mun minni en í hefðbundnum bílum.

4.4 Áskoranir í rafhlöðuframleiðslu og þróun

Helsta tæknilega úrlausnarefni rafbíla lýtur að þróun á rafhlöðum sem er tiltölulega skammt á veg komin. Rafhlöður eru enn afskaplega dýrar í framleiðslu og bjóða upp á mun skemmri drægni en samsvarandi bílar með bensín- eða díselvélar. Af því leiðir að kostnaður við rafhlöður í rafbílum var enn um þriðjungur til helmingur af útsöluverði vinsælla rafbíla s.s. Nissan Leaf og Ford Focus árið 2012 (International Energy Agency b, 2013). Helstu kostnaðarhvatar eru efnis- og hráefniskostnaður, kostnaður við umgjörð og pakkningar rafhlöðu og framleiðslukostnaður. U.S. Drive, samtaka hins opinbera og helstu

hagsmunaaðila í Bandaríkjunum um skilvirkni og sjálfbæra orku í farartækjum, hefur sett sér metnaðarfull markmið um frammistöðu, líftíma og kostnað á rafhlöðum í því augnamiði að gera rafbíla og tengiltvinnbíla fyllilega samkeppnishæfa við hefðbundna bíla. Að þeirra mati krefst almenn rafbílavæðing töluverðra framfara á öllum þessum þáttum sem og í aukinni orkubéttini rafhlaðna sem skilar sér í aukinni geymsluetu án þess að auka rúmmál (U.S. Drive, 2013). Í greiningu McKinsey, alþjóðlegs ráðgjafafyrirtækis frá árinu 2012 var talið mögulegt að lækka rafhlöðuverð úr þáverandi verði á hverja kWst, 500-600 USD í 200 USD fyrir árið 2020 og 160 USD árið 2025. Drifkraftar verðlækkunar voru flokkaðir í þrjá þætti:

1. Hagkvæmni fjöldaframleiðslu þar sem aukin framleiðni, stöðlun og dreifing fasts kostnaðar lækkar verð. Þessi þáttur var metinn sem um þriðjungur mögulegrar verðlækkunar.
2. Lækkun í verði íhluta. Með aukinni samkeppni myndi hagnaðarkrafa lækka auk þess sem aukin framleiðni myndi verða með stóraukningu framleiðslu. Þessi þáttur var metinn sem fjórðungur mögulegrar verðlækkunar.
3. Bætt nýting og frammistaða rafhlaðna. Með tækniframförum í efnasamsetningu og uppsetningu rafhlaðna væri hægt að auka hleðslugetu rafhlaðna um 80-110% á árunum 2020-2025. Þessi þáttur var metinn sem 40-45% af mögulegri verðlækkun.

Miðað er við að rafbílar geti orðið samkeppnishæfir við hefðbundna bíla út frá líftímakostnaði þegar verð á hverri kWst sem rafhlaða geymir nær 200 USD miðað við að bensínverð flökti í kringum 3,5 USD á hvert gallon. Í líkönum McKinsey kom fram að hröð lækkun í verði rafhlaðna myndi gera rafbílinn að besta kosti fyrir bílaframleiðendur en hægari þróun gerði tengiltvinnbíla eða jafnvel tvinnbíla æskilegri. Þar sem líftími þróunarverkefna að baki bíla er langur var mælt með að bílaframleiðendur einbeittu sér að mörgum ólíkum tæknilausnum til að draga úr áhættu sinni (McKinsey & Company, 2012).

Í skýrslu frá öðru virtu ráðgjafafyrirtæki, Boston Consulting Group var niðurstaðan töluvert ólík en þar var verðlækkun metin mun hógværari og spáð að verð yrði um 400 USD á kWst árið 2020. Sala rafbíla myndi því aukast töluvert en ekki verða raunveruleg

samkeppni við hefðbundna bíla. Aðrar ástæður fyrir hægari sölu voru nefndar s.s. óvissa um endingu rafhlaðna og nauðsynlega innviði til hleðslu rafbíla, bæði fyrir rafkerfið sjálf og fyrir neytendur í formi hleðslustöðva. Þó spáði BCG að samanlögð hlutdeild tvinnbíla og rafbíla gæti náð allt að 15% af mörkuðum í Bandaríkjunum, Evrópu, Kína og Japan sem var veruleg aukning frá því stöðunni við útgáfu skýrslunnar (Boston Consulting Group, 2011).

Nýlegar fréttir gefa til kynna að verð fari þegar lækkandi hratt því Nissan hefur tilkynnt að ný rafhlaða verði til sölu í Bandaríkjunum á 5.500 USD fyrir eigendur Nissan Leaf bíla. Rafhlaðan er 24 kWst svo hana má þá verðleggja á um 230 USD á kWst. Ekki er þó ljóst hvort verðið endurspeglar raunverulegt verð rafhlaðna eða hvort Nissan er tilbúið að annað hvort selja það undir raunkostnaði eða tilbúið að veðja á að kostnaður verði orðinn nægilega lágur til að standa undir þessu verði þegar þörf á rafhlöðuskiptum verður almenn. Leaf bíllinn hefur enn aðeins verið á markaði í fjögur ár svo veruleg rýrnun hleðslugetur ætti ekki að vera til staðar enn í fyrstu árgerð bílsins (Voelcker c, 2014).

Líftími rafhlöðu í Nissan Leaf er að miklu leyti byggður á getgátum og fræðilegum vangaveltum vegna skorts á raungögnum. Þó er nokkur reynsla af því að fyrri útgáfur sem voru án kælikerfis þoldu illa mikinn umhverfishita s.s. í suðurríkjum Bandaríkjanna og misstu hleðslugetu sína mjög hratt (Voelcker b, 2013). Leaf var settur á markað á árinu 2010 og því er aðeins komin fjögurra ára reynsla á elstu útgáfu hans. Síðan hafa orðið töluverðar framfarir í rafhlöðutækni bílsins. Þegar Leaf bíllinn kom fyrst á markað var álit Nissan að rafhlaða Leaf eigi að endast í um 10 ár (Blanco, 2010).

4.5 Drægni

Drægni á við um þá vegalengd sem ökutæki getur ferðast á þeirri orku sem það inniheldur. Hefðbundnir bílar með sprengihreyfla hafa oft mjög mikla drægni, t.d. hefur 2014 árgerð af Toyota Corolla 50l bensíntank og eyðir 5,6l á hverja 100 km í blönduðum akstri (Toyota Íslandi, 2014). Það þýðir þá að drægni hans er $50/5,6 \times 100 = 892,8$ km á einum tanki af bensíni sem er nægileg drægni til að keyra frá Reykjavík til Akureyrar (388 km) og til baka en eiga samt eftir um 117 km drægni eftir á tankinum (Vegagerðin, 2013). Það er þó miðað við blandaðan akstur en bíllinn á að skila enn betri eldsneytisnýtingu við utanbæjarakstur eða 4,7l á hverja 100 km. Rafbílar samtímans hafa í samanburði mjög takmarkaða drægni,

t.d. hefur Nissan Leaf áætlaða drægni um 160 kílómetra eða tæplega 18% af drægni Corolla. Þá verður líka að taka með í reikninginn að olíu má fá alls staðar á landinu á nokkrum mínumúturnum en fátt er um hleðslustöðvar í samanburði og hleðsla tekur auk þess mun lengri tíma. Eini rafbíllinn sem seldur er á Íslandi og hefur sambærilega drægni við bíla með sprengihreyfla er Tesla S en 60 kWh útgáfan af honum hefur 370 km drægni á hverri hleðslu og 85 kWh útgáfan 500 km. Þeir eru þó lúxusbílar og kaupverð grunnútgáfu 60 kWh útgáfunnar er u.þ.b. 10,5 milljónir króna sem er líklega of hátt kaupverð til að Tesla S geti orðið almenn lausn hér á landi (Even, 2014).

Þess skal þó gætt að Bandaríkjamenn sem aka mest allra þjóða heims á ári ferðast aðeins um 46 km að meðaltali á dag og meðallengd hverrar ferðar er um 15 km. Drægni rafbíla ætti því að nægja miklum meirihluta neytenda í flestum tilvikum fyrir daglegar þarfir (International Energy Agency b, 2013).

4.6 Drægnikvíði

Drægnikvíði (e. range anxiety) er hugtak sem varð til á tíunda áratug 20. aldarinnar og á við um áhyggjur ökumanna af að ná ekki áfangastað þegar ferðast er í rafbíl vegna takmarkana á drægni rafbíla. Drægni rafbíla er háð mörgum breytum s.s. ökustíl, landslagi, umhverfishita og notkun raftækja um borð. Aldur og notkun rafhlöðu hefur einnig áhrif á drægni. Vegna þessa getur drægni verið mismunandi eftir ytri aðstæðum, notkun og aldri rafhlöðu. Svo margir orsakaþættir auk takmarkaðrar drægni í samanburði við hefðbundna bíla sem fólk er almennt vant getur valdið ótta þó svo að drægni sé almennt næg fyrir allar þarfir ökumanna. Drægnikvíði er oftast nefndur sem ein höfuð hindrunin fyrir rafbílavæðingu ásamt háu kaupverði og löngum hleðslutíma. Rannsóknir sýna þó að almennt er drægnikvíði ástæðulaus og fólk stórlega ofmeti akstursþarfir sínar. Það hefur jafnframt verið sýnt fram á að nokkurra vikna reynsla af rafbíl stórdregur oftast úr drægnikvíða en getur þó í undantekningartilvikum aukið við hann, ekki ólíkt tölvukvíða þar sem fólk óttast að geta ekki gert það sem það vantar eða langar á tölvu (Nilsson, 2011).

4.7 Uppbygging innviði – hleðslukerfi

Í dag eru reknar á Íslandi 250 afgreiðslustaðir á bensíni og dísel á vegum Olís, N1, Skeljungs, Orkunnar og Atlantsolíu eins og sést í töflu 1 (Atlantsolía, 2014; N1, 2014; Olís, 2014; Skeljungur, 2014)

Tafla 1 : Söluaðilar á bensíni og dísel á Íslandi

Söluaðili	Fjöldi útsölustaða	Höfuðborgarsvæði
<i>Skeljungur (Orkan)</i>	65	21
<i>Olís (ÓB)</i>	71	23
<i>N1</i>	95	20
<i>Atlantsolía</i>	19	11
Samtals	250	75

Þrátt fyrir afbragðsdrægni bíla með sprengihreyfli eru 75 afgreiðslustöðvar á höfuðborgarsvæðinu einu. Ekki verður metið hvort þörf sé á svo mörgum afgreiðslustöðum en líklega þyrfti mun færri stórar hleðslustöðvar þar sem auðvelt er að setja upp einfalda og tiltölulega ódýra hleðslupósta fyrir rafbíla hvar sem er. Nú þegar er búið setja upp 8 hraðhleðslustöðvar af fyrirhuguðum 10 á vegum Orku Náttúrunnar í samstarfi við BL ehf, umboðsaðila Nissan Leaf og Nissan Europe. Fimm stöðvar eru í Reykjavík, ein í Keflavík, ein í Borgarnesi og ein á Selfossi (Orka náttúrunnar, 2014). Hraðhleðslustöðvarnar geta hlaðið 80% af hleðslu Nissan Leaf á 20–30 mínútum og duga fyrir margar tegundir rafbíla (Orka náttúrunnar, 2014). Þeirra væri því þörf á lykilstöðum um allt land ef gera ætti rafbílum kleift að ferðast á milli landshluta miðað við núverandi drægni. Til dæmis þyrfti að hlaða Nissan Leaf tvisvar til þess að ná til Akureyrar frá Reykjavík (Vegagerðin, 2013).

Rafbíla má hlaða hvar sem er en hleðsla er tímafrek án hraðhleðslu, frá 4 klst upp í 11 klst eftir því hvort notast er við venjulega innstungu eða sérstaka hleðslustöð (Nissan á Íslandi, 2014). Því væri lykilatriði í innleiðingu rafbíla og tengiltvinnbíla að hafa nægilegt framboð af hleðslustöðvum. Það væri mun einfaldara en uppsetning bensínstöðva þar sem hleðsluaðstaða hefur ekki sambærilega hættu- og mengunareiginleika og bensínstöð. Það mætti því setja upp hleðslustöðvar fyrir utan vinnustaði og opinberar byggingar til dæmis. Vandinn við heimahleðslu er að hún ætti fyrst og fremst heima við einbýlis- og raðhús. Reglan hér á landi er að í fjölbýlishúsum er raforkukostnaður í sameign greiddur sameiginlega. Því þyrfti kerfisbreytingu og uppsetningu sérstakra

hleðslupósta á bílastæðum fjölbýlishúsa til að gera heimahleðslu mögulega með góðu móti sem gæti orðið dýrt og flókið en þó langt í frá ómögulegt.

5 Hver er staðan í Íslandi í dag

Á Íslandi voru skráðir 213.113 fólksbílar í árslok 2013. Af þeim voru um 77% knúin bensínvélum, 22% dísel en um 0,73% skráð sem tvíorkutæki eða knúin öðrum afgjöfum (Samgöngustofa b, 2013). Hlutfall tvíorku og annarra orkugjafa verður að teljast verulega lágt þar sem þessi flokkar telja alla bíla sem eru framleiddir fyrir fleiri en einn orkugjafa, s.s. bensín/rafmagn, bensín/metan og þá sem eru framleiddir fyrir aðra orkugjafa en olíur. Ökutækjum sem er breytt eftir á s.s. fyrir metannotkun falla þó undir upprunalega orkugjafa en ekki tvíorku (Samgöngustofa a, 2013).

Af þessum fólksbílum voru tæplega 127 þúsund skráðir á höfuðborgarsvæðinu. Skiptingin þar er afar svipuð og á landinu öllu eins og sést á töflu 2.

Tafla 2 : Fjöldi fólksbíla eftir orkugjafa

Svæði	Orkugjafi				Samtals
	Bensín	Dísel	Tvíorka	Annað	
Landið allt	164.315	47.246	1.336	216	213.113
Hlutfall af heild	77,1%	22,2%	0,6%	0,1%	100%

Svæði	Orkugjafi				Samtals
	Bensín	Dísel	Tvíorka	Annað	
Höfuðborgarsvæðið	100.563	25.125	1.050	183	126.921
Hlutfall af heild	79,2%	19,8%	0,8%	0,1%	100%

Meðalakstur fólksbíla, reiknaður út frá þeim bílum sem mældir voru í árlegum bifreiðaskoðunum er mun lægri en oft er notast við í útreikningum hérlandis, t.a.m. á heimasíðu FÍB þar sem notast er við 15 þúsunda meðalakstur á ári (FÍB, 2014). Meðalakstur fólksbíla er um 12.600 kilómetra á ári eða 34,51 kilómetrar á dag (Samgöngustofa a, 2014). Eins og kemur fram í kafla um drægni hér á undan er það langt undir akstursdrægni nútímarafbíla. Það segir þó ekki alla söguna þar sem meðaltal endurspeglar ekki endilega einstaka hámarksþarfir.

Tafla 3 : Meðalakstur á ári eftir orkugjafa

2013	Fjöldi mælanlegra bíla	Meðalakstur á dag	Meðalakstur á ári
Bensín	114.886	32,58	11.892
Dísel	28.553	42,26	15.425
Vegin meðaltöl		34,51	12.595

5.1 Hver er kostnaður þjóðfélagsins af olíu?

Olía er stór hlutur af heildarinnflutningi Íslendinga og því er miklu af gjaldeyristekjum landsins varið í olíukaup, eða um 18,4% ef marka má innflutningsverðmæti ársins 2013 (Hagstofa Íslands c, 2014). Vegna þess að Íslendingar hafa sjálfstæðan gjaldmiðil skiptir verulegu máli að gjaldeyrisjöfnuður sé jákvæður því annars myndast aukin eftirspurn eftir erlendum gjaldmiðlum sem veikir gengi krónunnar. Það veikir því íslensku krónuna verulega að landsmenn séu háðir erlendum orkugjafa og eykur óvissu þar sem olíuverð hefur verið óstöðugt og hækkandi undanfarna áratugi. Olía er einnig stór þáttur í verðlagi, bæði beint í gegnum eigið verð sem hefur áhrif á kostnað heimila og fyrirtækja og óbeint sem hluti af neysluverðsvísítölu sem er notuð til viðmiðunar í uppreikningi verðtryggðra lána. Ef hægt væri að draga úr olíuinnflutningi og nota í staðinn innlenda orkugjafa myndi það bæta jöfnuð vöruskipta og gjaldeyris til skemmri og lengri tíma og auka stöðugleika þar sem íslensk raforka er endurnýjanleg, ódýr og hlutfallslega stöðug í verðlagningu í samanburði við olíu. Bætt staða allra þessara þátta myndi að líkindum þrýsta verðlagi niður og auka þannig kaupmátt launa í landinu.

5.2 Skuldbindingar ríkisins

Samkvæmt árlegri skýrslu Íslands um gróðurhúsalofttegundir til Sameinuðu Þjóðanna á árinu 2014 var útblástur koltvísýrings vegna vegasamgangna 818 þúsund tonn árið 2012 samanborið við 529 þúsund tonn á árinu 1990. Samkvæmt sömu skýrslu voru leyfilegar útblástursheimildir Íslendinga 18,5 milljónir tonna fyrir tímabilið 2008-2012 eða um 3,7 milljónir tonna á ári fyrir utan sérstaka heimild vegna stóriðju. Vegasamgöngur á árinu 2012 vógu því um 22% af árlegri heimild fyrir tímabilið (Umhverfisstofnun, 2014). Það væri því mikill ávinningur í mögulegri minnkun í losun gróðurhúsalofttegunda með því að fjölgja rafbílum á kostnað hefðbundinna bíla þar sem heimildir munu halda áfram að minnka til samræmis við skuldbindingar Kyoto bókunarinnar. Á Íslandi voru á árinu 2012 276 þúsund bílar með dísel- eða bensínvélar samkvæmt vef Samgöngustofu. Því var

meðalútblástur hvers ökutækis tæplega þrjú tonn á ári. Miðað við meðalakstur ársins 2012 sem var 12.738 km var meðalútblástur allra bíla um 233,6 grömm af koltvísýringi á kílómetra (Samgöngustofa c, 2013; Samgöngustofa a, 2013).

6 Hver er kostnaður við rafbíla samanborinn við aðra bíla?

Í þessum kafla er samanburður á kostnaði rafbíla í samanburði við valda bíla með tilliti til nokkurra kostnaðarliða. Bæði eru útreikningar miðaðir við kostnað bíleigenda miðað við ólíka tímaramma og jafnframt útreikningar á samfélagslegum kostnaði við hvern bíl.

6.1 Kaupverð nýs bíls

Rafbílar eru heilt yfir umtalsvert dýrari í innkaupum en samsvarandi bílar með hefðbundnum sprengivélum (Skúlason, 2012). Samkvæmt Rafbíla átaki Alþjóða Orkustofnunarinnar (IEA), helgast verðmunur að verulega leiti af háu verði rafhlaðna og háum þróunarkostnaði framleiðenda við rafmagnsbíla sem skiptist á fá seld eintök (International Energy Agency b, 2013). Í bíðum tilvikum er að hluta til um að ræða ákveðna hringavitleysu þar sem verð helst hátt vegna fárra seldra eintaka og fá eintök seljast vegna hás verðs. Þar er á ferðinni markaðsbrestur þar sem ekki næst hagkvæmasta lausn vegna aðstæðna sem markaðurinn á í, að minnsta kosti tímabundið, vandræðum með að leiðréttu með skilvirkum hætti. Til þess er kostnaður framleiðenda of hár og áhætta kaupenda of mikil.

6.2 Rekstrarkostnaður – forsendur

Þegar kemur að samanburði milli ökutækja eru margir þættir sem þarf að reikna með. Í þessu verkefni er þó aðeins leitast við að gera greinarmun milli þess munar í kostnaði sem fellur til milli hefðbundinna bíla með sprengihreyfli og rafbíla. Þar sem ekki er næg reynsla til komin á nokkra þætti í rekstri rafbíla s.s. almennt viðhald utan hjólbardar og hjólabúnaðar verður að áætla viðhaldskostnað raf- og tengiltvinnibíla. Til grunns var notast við kostnaðartölur frá FÍB fyrir minnsta bíl og vél og þær færðar niður á krónur á kílómetra til að laga að viðmiðunarakstri í samanburðinum. Þess skal þó gætt að kostnaðartölur FÍB miðuðust við þriggja ára líftíma en var láttinn ganga yfir 10 ár í samanburði (FÍB, 2014). Notast var við nálgun úr afbragðs skýrslu frá háskólanum í Coimbra í Portúgal við mat á viðhaldskostnaði (Faria, Moura, Delgado, & de Almeida,

2012). Viðhalds- og viðgerðarkostnaður rafbíla var því metinn sem 60% af viðhaldi hefðbundinna bíla, sami kostnaður var metinn sem 70% fyrir tengiltvinnbíla. Tvinnbílar voru metnir á pari við hefðbundna bíla og enginn greinarmunur gerður milli bensín- eða díselbíla. Allar staðreyndir benda eindregið til þess að viðhaldskostnaður rafbíla og tengiltvinnbíla sé miklu mun lægri en hefðbundinna bíla þar sem slitfletir eru örfáir í samanburði svo fremi sem tengiltvinnbíl sé almennt ekið fyrst og fremst sem rafbíl. Við mikið meiri akstur yrði að endurskoða þennan kostnað. Til viðbótar var tekið tillit til óvissu sem ríkir um endingu rafhlaðna í rafbílum varðandi líftíma. Gerðir voru því tveir samanburðir, annar til 5 ára en hinn til 10 ára þar sem reiknað var með kaupum á nýrri rafhlöðu í rafbílinn.

Gert var ráð fyrir að fjármögnunarkostnaður, tryggingar og afföll væru sambærileg með öllum tegundum bíla en farið stuttlega yfir hvaða þættir gætu spilað inn í að gera afföll af rafbílum hærri en efni standa til í sérstökum kafla. Annar tilfallandi kostnaður verður jafnframt til einföldunar ætlaður sá sami.

Verð á kWst var 4. september 2014 13,71 kr.. Þar af voru 7,1 kr hluti dreifingar með virðisaukaskatti (OR, 2014) en 6,61 kr. var hluti dreifingar með virðisaukaskatti (Orkusalan, 2014).

Verð á lítra af 95 oktana bensíni var kr. 244,2 á bensínstöðvum ÓB þann 4. september 2014 en lítri af díselolíu var á kr. 237,1 á sama degi (Seiður ehf, 2014).

Í útreikningum var notast við meðalaksturstölur af álesnum mælum sem fer fram við árlega bifreiðaskoðun og voru fyrir árið 2013 11.892 kílómetrar á ári á hvern bensín bíl en 15.425 á hvern dísel bíl. Ekki eru til neinar marktækjar tölur fyrir rafbíla eða tvinnbíla vegna hversu fáir þeir eru svo notast verður við vegið meðaltal bensín og dísel bíla fyrir allar tegundir sem er 12.595 kílómetrar (Samgöngustofa a, 2014).

6.3 Nokkur orð um afföll

Afföll verða þegar eign minnkar í virði vegna aldurs, notkunar eða hún verður úreld. Eignin selst þá á lægra verði eftir því sem þessir þættir vega meira, almennt með meiri notkun og aldri (Investor words, 2014). Það er í flestum tilvikum hægt að sýna fram á að rafbílar og tengiltvinnbílar séu mun hagstæðari kostur en bílar hefbundnir sprengilhreyfla bílar yfir heildarlíftíma bílsins, oftast 8-10 ár. Vandinn liggar í því að jafnstaða núvirts kaupverðs

og rekstrarkostnaðar (break-even) milli rafbíla og hefðbundinna bíla verður almennt eftir 6-8 ár sem er töluvert lengra en meðaleignarhald sem er 3-5 ár. Því munu flestir eigendur ekki njóta ábatans á eignartíma sínum. Til þess að vega upp þetta ójafnvægi í tímasetningu kostnaðar og ábata þyrfti endursöluverð að endurspeglar ábatann, þ.e. afföll af kaupverði rafbíla þyrftu að vera lægri en hefðbundinna bíla sem nemur ábata af lægri rekstrarkostnaði. Ekki eru til nægar upplýsingar um endursölumarkað rafbíla til að meta þetta enn þar sem þeir eru hlutfallslega mjög fáir í heiminum (International Energy Agency b, 2013). Það er hins vegar afar ólíklegt að afföll myndu endurspeglar kostnaðarábata af rafbílum nema til staðar væri stór og virkur markaður með góðu upplýsingaflæði og verðvitund bíleigenda. Hugsanleg lausn á því væri ef ríki, sveitarfélög og stærri fyrirtæki myndu leiða rafbílavæðingu með því að skipta út hefðbundnum bílum í sinni eigu fyrir raf- og tengiltvinnbíla.

6.4 Val á samanburðarbílum

Rafbíllinn í samanburðinum var valinn Nissan Leaf þar sem hann er mest seldi rafbíll heims undanfarin ár og jafnframt í boði á Íslandi. Aðrir vænlegir bílar til samanburðar eru ekki komnir í almenna sölu á Íslandi. Chevrolet Volt hefði að öllu eðlilegu verið til samanburðar en þar sem Chevrolet hefur ákveðið að hækta að starfa á Evrópumarkaði frá og með árinu 2016 verður hann væntanlega ekki í boði í náinni framtíð (McGrath, 2013).

Samkvæmt gögnum Samgöngustofu voru fluttir inn 7.267 fólksbílar á árinu 2013. Mest seldu fólksbílategundir ársins 2013 voru Toyota með 15,7% markaðshlutdeild, Volkswagen með 12,2% markaðshlutdeild og Skoda með 10,4% hlutdeild (Samgöngustofa b, 2014). Til viðmiðunar var því notast við þessar tegundir til samanburðar við valda rafbíla og tengiltvinnbíla og reynt að finna hentugustu bíla til samanburðar. Bílaumboðið Hekla sem hefur umboð fyrir bæði Skoda og Volkswagen bíla á Íslandi kynnir á heimasíðu sinni rafbílaútfærslur fyrir tvær tegundir Volkswagen, Golf og Up. Ekki eru þó komin verð eða tæknipplýsingar um þessar útgáfur. Ekki er boðið upp á rafbíla á vegum Skoda. Toyota umboðið á Íslandi býður ekki upp á rafbíla en tvinnbíllinn Prius er seldom í hvorutveggja hefðbundinni tvinnútfærslu og tengiltvinnútfærslu. Báðir bílarnir voru notaðir í samanburði. Auk þess var valið að notast við Corolla tegundina í samanburði þar sem hún

er af sambærilegri stærð og afli og Nissan Leaf. Í öllum tilvikum var notast við þyngstu útgáfur miðað við birtar tæknilýsingar á heimasíðum umboðanna. Vélarafl var miðað við að vera sem næst þeim 108 hestöflum sem Nissan Leaf býður upp en að öðru leyti var reynt að miða við að hafa bílana í sem sambærilegustum flokki hvað varðar stærð, búnað og þyngd. Einn bílanna, bensínútgáfa Toyota Corolla er beinskiptur. Aðrir bílar eru sjálfskiptir. Viðmiðunartími var valinn 5 ár. Ástæðan er sú að Nissan veitir 5 ára eða 100 þúsund kílómetra ábyrgð á rafhlöðu eftir hvoru marki er fyrr náð. Þar sem meðalakstur er 12.565 km á ári yrði akstur 5 ára aðeins tæplega 63.000 km. Í tilvikum hefðbundinna bíla var notast við bæði dísel og bensínútgáfur.

Reiknaður var út orkukostnaður miðað við uppgefnar eyðslutölur fyrir blandaðan akstur hjá umboðsaðilum. Bifreiðagjöld voru reiknuð út frá eigin þyngd og koltvísýringsútblæstri bílanna og núvirt út frá raunvöxtum miðað við 3 mánaða Reibor vexti sem voru 6,1% í september 2014 (Lánamál, 2014). Verðbólga milli ágúst og september var 0,24% sem gerir 2,88% verðbólgu á ársgrundvelli (Hagstofa Íslands a, 2014). Raunvextir voru því metnir:

$$(1,061 / 1,0288) - 1 = 3,12\%$$

6.5 Fimm ára samanburður

Frá sjónarholi neytanda leiddi samanburður til fimm ára í ljós að miðað við gefnar forsendur er líftímakostnaður rafbílsins hlutfallslega lágor, innan við 1,5 % hærri en Golf bensínbíll sem best kom út. Miðað við gefnar forsendur er hann því fyllilega samkeppnishæfur en þar vegur þungt að ekki séu greidd vörugjöld eða virðisaukaskattur af honum. Lítill munur var á flestum bílunum, innan við 7% en díselútgáfa Corolla bílsins og prius tvinn- og tengiltvinnbílarnir voru töluvert dýrari. Sá munur er að mestu vegna hás kaupverðs þar sem Prius bílarnir og dísel Corollan eru allir sparneytnir og ódýrir í rekstri. Þess ber þó að geta að Prius plug-in bíllinn er einnig undanskilinn vörugjöldum og virðisaukaskatti líkt og Leaf bíllinn. Niðurstöður má sjá í töflu 4.

Tafla 4 : Samanburður á kostnaði bíleigenda til 5 ára (Hekla hf a, 2014; Hekla hf b, 2014; Nissan á Íslandi, 2014; Toyota á Íslandi, 2014)

Tegund	Undirgerð	Orkugjafi	Kostnaður 5 ár	Núvirt	Mismunur
Volkswagen	Golf Trendline 1,4 TSI	Bensín	5.015.651	4.894.493	0%
Toyota	Corolla 1,33L Dual VVT-i	Bensín	5.078.322	4.948.187	1,10%
Nissan	Leaf Visia	Rafmagn	5.011.204	4.965.631	1,45%
Skoda	Rapid Ambition 1,6 TDI	Dísel	5.118.638	5.005.963	2,28%
Volkswagen	Golf Trendline 1,6 TDI	Dísel	5.309.050	5.204.208	6,33%
Skoda	Rapid Ambition 1,4 TSI	Bensín	5.348.179	5.214.559	6,54%
Toyota	Corolla 1,4D -4D	Dísel	5.678.913	5.571.459	13,83%
Toyota	Prius plug-in	Blandað	6.527.019	6.470.445	32,20%
Toyota	Prius +	Blandað	7.237.245	7.128.188	45,64%

6.6 Ný rafhlaða í Nissan Leaf

Í tilviki Nissan Leaf og annarra rafþíla er þó um annan lið að ræða sem verður að taka tillit til. Vegna tækni- og eðlisþátta hefur Li-ion rafhlaða takmarkaðan líftíma. Enn er þó ekki komin nægileg reynsla í heiminum á hver sá líftími nákvæmlega er. Að auki spila inn í umhverfisþættir og ökuhegðun eiganda sem gerir spár erfiðar. Þó verður til að gæta sannmælis að taka inn í myndina mögulega þörf á rafhlöðuskiptum. Ábyrgð Nissan á Íslandi gengur út á að rafhlaða Leaf bílsins haldi að minnsta kosti 70% hleðslugetu sinnar í 5 ár eða 100.000 km, hvort sem fyrr verður. Þegar hleðslugeta er orðin 70% eða minni telst rafhlaða almennt ónothæf þar sem drægni er orðin afar lítil eða 112 kílómetrar. Ekki eru enn seldar rafhlöður til skipta hér á landi en þegar er búið að tilkynna verð á þeim í Bandaríkjunum eins og fram kom í umfjöllun um rafhlöður, 5.500 USD. Í Bandaríkjunum er listaverð á sambærilegri útgáfu Nissan Leaf og er sold hér 32.100 USD. Þar sem ekki er til sambærilegt verð hér á landi mun verð rafhlöðunnar verða í greiningunni áætlað með þeim hætti að það verði í sama hlutfalli og rafhlöðukostnaður í Bandaríkjunum er af útsöluverði þar.

$$5.500 \text{ USD} / 32.100 \text{ USD} = 17,13\%$$

Íslenskt útsöluverð hjá umboðsaðila Nissan er kr. 4.490.000 verð rafhlöðu yrði þá:

$$4.490.000 \text{ kr.} * 17,13\% = 769.175 \text{ kr.}$$

6.7 Tíu ára samanburður

Áætlað var að rafhlöðuskipti myndu fara fram á sjóunda ári samanburðar sem er nærrí þeirri endingu sem verst gæti orðið. Að öðru leyti héldust forsendur. Vinna við ísetningu rafhlöðu var ekki innifalin svo ofan á rafhlöðuverð voru lagðar 50.000 krónur. Verð á rafhlöðu miðast við að eldri rafhlöðu sé skilað inn í staðinn svo hrakverð þeirrar gömlu er falið í kaupverðinu. Niðurstöður sem sjást í töflu 5 voru í samræmi við það sem áður hafði komið fram, að rafbílar væru hagstæður kostur við hefðbundna bíla yfir líftíma bílsins (International Energy Agency b, 2013). Aukinn akstur og/eða hækkað eldsneytisverð myndu enn bæta samanburð rafbílum í vil.

Tafla 5 : Samanburður á kostnaði bíleigenda til 10 ára (Hekla hf a, 2014; Hekla hf b, 2014; Nissan á Íslandi, 2014; Toyota á Íslandi, 2014)

Tegund	Undirgerð	Orkugjafi	Kostnaður 10		
			ár	Núvirt	Mismunur
Volkswagen	Golf Trendline 1,4 TSI	Bensín	6.401.303	5.978.420	0,0%
Skoda	Rapid Ambition 1,6 TDI	Dísel	6.407.277	6.014.001	0,6%
Nissan	Leaf Visia	Rafmagn	6.357.265	6.038.150	1,0%
Toyota	Corolla 1,33L Dual VVT-i	Bensín	6.566.645	6.112.428	2,2%
Volkswagen	Golf Trendline 1,6 TDI	Dísel	6.508.100	6.142.165	2,7%
Skoda	Rapid Ambition 1,4 TSI	Bensín	6.876.359	6.409.978	7,2%
Toyota	Corolla 1,4D -4D	Dísel	6.907.826	6.532.777	9,3%
Toyota	Prius plug-in	Blandað	6.776.636	6.639.815	11,1%
Toyota	Prius +	Blandað	7.228.617	7.039.612	17,8%

Eins og sést í töflu 6 er Nissan Leaf þriðji ódýrastur yfir 10 ára tímabil en munurinn er hverfandi milli efstu 5 bílanna, innan við 3%. Aftur eru Corolla dísel og Prius bílarnir óhagstæðastir vegna hás kaupverðs. Kannað var einnig hver niðurstaðan yrði ef yfirlýsingar Nissan reyndust réttar og rafhlaðan myndi endast í 10 ár. Við þær kringumstæður þyrfti ekki að kaupa rafhlöður á sjóunda ári. Án rafhlöðu er Leaf bíllinn mun hagstæðarin en samanburðarbílar. Næsti bíll, Golf Trendline er rúnum 11% dýrari yfir tímabilið.

Tafla 6 : Samanburður á kostnaði bíleigenda til 10 ára án rafhlöðuskipta (Hekla hf a, 2014; Hekla hf b, 2014; Nissan á Íslandi, 2014; Toyota á Íslandi, 2014)

Tegund		Undirgerð	Orkugjafi	Kostnaður 10 ár	Núvirt	Mismunur
Nissan	Leaf Visia	Rafmagn	5.532.408	5.373.343	0,0%	
Volkswagen	Golf Trendline 1,4 TSI	Bensín	6.401.303	5.978.420	11,3%	
Skoda	Rapid Ambition 1,6 TDI	Dísel	6.407.277	6.014.001	11,9%	
Toyota	Corolla 1,33L Dual VVT-i	Bensín	6.566.645	6.112.428	13,8%	
Volkswagen	Golf Trendline 1,6 TDI	Dísel	6.508.100	6.142.165	14,3%	
Skoda	Rapid Ambition 1,4 TSI	Bensín	6.876.359	6.409.978	19,3%	
Toyota	Corolla 1,4D -4D	Dísel	6.907.826	6.532.777	21,6%	
Toyota	Prius plug-in	Blandað	6.776.636	6.639.815	23,6%	
Toyota	Prius +	Blandað	7.228.617	7.039.612	31,0%	

6.8 Samfélagslegur kostnaður

Við mat á hagkvæmni þess að innleiða rafbíla var ekki nægilegt að líta á hagkvæmni neytenda. Raf- og tengitvinnbílar hafa umtalsverða meðgjöf frá stjórnvöldum og af þeim eru ekki greidd vörugjöld eða virðisaukaskattur, í það minnsta þeim bílum sem eru til umræðu þar sem þeir eru innan kostnaðarmarka undanþáguheimildar í lögum 50/1988 með síðari breytingum. Til þess að gera raunhæfan samanburð verður því að meta hina bílana og tilfallandi kostnaðarliða út frá kostnaði samfélagsins við þá. Í þessari greiningu var aðeins rýnt í þá kostnaðarliði sem hafa beint fjárhagslegt gildi, m.ö.o. eru til greiðslu fyrir eiganda bíls. Við nákvæma greiningu þyrfti þó að taka tillit til nokkura annarra kostnaðarliða s.s. útblástur gróðurhúsalofttegunda, hávaðamengun, ferðalög á hleðslustöðvar og mögulegur tapaður tími við hleðslu sem er mun tímafrekari en áfylling olíu. Allt eru það þættir í rekstri bíla sem geta valdið kostnaði hjá samféluginu en ekki er greitt fyrir sérstaklega. Sökum umfangs verkefnisins var ítarlegri greining ekki talin fýsileg þar sem vinna við áætlun kostnaðarliða hefði verið umtalsverð og illgerlegt að leysa af hendi innan tímarammans.

Til að greina samfélagslegan kostnað eða ábata verður að meta og reikna út alla kostnaðarliði eða þætti sem ekki fela í sér raunverulegan kostnað eða tekjur. Dæmi um slíkt eru flestar tegundir skatta. Skattar eru í eðli sínu endurdreifing eða millifærsla frá einum aðila til annars með milligöngu ríkisvaldsins. Þannig er reynt að taka aðeins tillit til raunkostnaðarliða að frádregnum sköttum sem bjaga verð. Hér á eftir er farið yfir fyrrnefnda kostnaðarliði sem eru til greiðslu s.s. kaupverð, verð á eldsneyti og viðhald

þegar búið er að draga frá aðkomu ríkisvaldsins í gegnum skatta og innflutningsgjöld (Hanley & Spash, 1993).

6.8.1 Kaupverð

Helstu gjöld sem falla á bíla við innflutning eru vörugjöld og virðisaukaskattur samkvæmt lögum 29/1993 með breytingum í lögum 146/2012. Þar sem virðisaukaskattur er aftur lagður á við sölu til neytenda er sú tala notuð. Miðað er við að álagning bílaumboða sé 7%. Ekki eru til neinar opinberar tölur um slíka álagningu en mörgum áreiðanlegum heimildum frá Bandaríkjunum bar saman um að álagning þar lægi á bilinu 6-7%. Líklegt er þó að álagning geti verið heldur hærri á Íslandi vegna fákeppni á markaði (Deane, 2010).

Við útreikning á kaupverði var reiknað til baka með því að draga fyrst af virðisaukaskatt þar sem það átti við, svo áætlaða álagningu umboðs og upphæð vörugjalda fundin með að margfalda stofninn með viðeigandi skattlagningar prósentu hvers bíls miðað við uppgefinn CO₂ útblástur. Í tilfelli Nissan Leaf og Toyota Prius plug-in er ekki um nein vörugjöld að ræða í samræmi við lög 29/1993 með breytingum í lögum 146/2012 þar sem vörugjöld eru miðuð við útblástur bíla. Ekki er heldur um neinn virðisaukaskatt á þessa bíla í samræmi við lög 50/1988 með tímabundnum ívilnunum á virðisaukaskatti af innflutningi og sölu rafbíla með lögum 139/2013. Undanþágan gildir til ársloka 2014. Niðurstöður má sjá í töflu 7.

Tafla 7 : Samanburður kaupverðs að frádrégnum vörugjöldum og virðisaukaskatti

	Leaf Visia	Corolla 1,33L Dual VVT-i	Corolla 1,4D -4D	Prius +	Prius plug-in	Golf Trendline 1,4 TSI	Golf Trendline 1,6 TDI	Rapid Ambition 1,4 TSI	Rapid Ambition 1,6 TDI
Kaupverð	4.490.000	3.590.000	4.450.000	5.990.000	5.880.000	3.630.000	4.110.000	3.820.000	3.830.000
Vörugjöld innflutning	-	445.570	432.241	405.515	-	352.592	399.216	474.116	372.019
VSK söluverð	-	729.442	904.183	1.217.092	-	737.570	835.100	776.175	778.207
Alls millifærslur	-	1.175.012	1.336.424	1.622.606	-	1.090.162	1.234.315	1.250.291	1.150.226
Samfélagskostnaður	4.490.000	2.414.988	3.113.576	4.367.394	5.880.000	2.539.838	2.875.685	2.569.709	2.679.774

6.8.2 Orkuverð

Við útreikning á orkuverði var bensínverð reiknað með að draga frá virðisaukaskatt, vörugjald og sérstakt vörugjald ásamt kolefnisgjaldi. Díselverð er fundið með að draga frá söluverði virðisaukaskatt, vörugjald og kolefnisgjald eins og fram kemur í lögum 29/1993 með síðari breytingum og lögum 129/2009 með síðari breytingum. Raforkuverð er fundið

með að draga frá söluverði orkuskatt og virðisaukaskatt eins og fram kemur í lögum 129/2009. Niðurstöður má sjá í töflu 8.

Tafla 8 : Samanburður orkukostnaðar að frádregnum sköttum (Hekla hf a, 2014; Hekla hf b, 2014; Nissan á Íslandi, 2014; Toyota á Íslandi, 2014)

Flokkur 1	Nissan	Toyota		Toyota tvinnibílar		Volkswagen		Skoda	
		Corolla 1,33L Dual VVT-i	Corolla 1,4D -4D	Prius +	Prius plug-in	Golf Trendline 1,4 TSI	Golf Trendline 1,6 TDI	Rapid Ambition 1,4 TSI	Rapid Ambition 1,6 TDI
Orkukostnaður á ári	25.902	172.239	122.437	126.104	39.813	153.785	116.465	178.391	134.382
Skattar af eldsneyti á ári		84.623,1	56.811,6	61.956,2	8.742,8	75.556,4	54.040,3	87.645,4	62.354,1
Skattar af rafmagni á ári	5.542				4.711				
Alls millifærslur	5.542	84.623	56.812	61.956	13.454	75.556	54.040	87.645	62.354
Samfélagskostnaður	20.360	87.616	65.626	64.147	26.359	78.229	62.424	90.745	72.028

6.8.3 Viðhald og viðgerðir

Frá viðhaldi og viðgerðum er dreginn frá virðisaukaskattur. Ekki eru metnir eða frádregnir skattar af launum þar sem vinna felur í sér notkun raunverulegra framleiðsluþáttu og er því ekki tilfærsla (Hanley & Spash, 1993). Niðurstöður má sjá í töflu 9.

Tafla 9 : Samanburður viðhalds- og viðgerðarkostnaður að frádregnum virðisaukaskatti

Flokkur 1	Nissan	Toyota		Toyota tvinnibílar		Volkswagen		Skoda	
		Corolla 1,33L Dual VVT-i	Corolla 1,4D -4D	Prius +	Prius plug-in	Golf Trendline 1,4 TSI	Golf Trendline 1,6 TDI	Rapid Ambition 1,4 TSI	Rapid Ambition 1,6 TDI
Viðhald og viðgerðir	67.509	112.515	112.515	112.515	78.761	112.515	112.515	112.515	112.515
VSK	13.717	22.862	22.862	22.862	16.003	22.862	22.862	22.862	22.862
Samfélagskostnaður	53.792	89.654	89.654	89.654	62.758	89.654	89.654	89.654	89.654

6.8.4 Samanburður

Notast var við raunvexti við núvirðingu við samanburð eins og í köflum á undan vegna kostnaðar neytenda. Samanburðartímabilið var valið 10 ár til að endurspeglar mögulegan rafhlöðukostnað, kostnaður rafhlöðu var einnig notaður í útreikninga að frádregnum virðisaukaskatti.

Niðurstöður voru töluvert ólíkar niðurstöðum frá sjónarhóli neytanda eins og tafla 10 sýnir. Eins og áður eru flestir hefðbundnu bílarnir á mjög sambærilegu verðibili og dísel Corolla og Prius bílarnir eru með dýrustu bílum. Hins vegar hefur Nissan Leaf fallið úr þriðja sæti niður í þriðja neðsta sæti. Munar þar mestu um að vörugjöld og virðisaukaskattur af kaupverði samanburðarbíla hafa ekki lengur áhrif á stöðuna. Hann er því 44,1% dýrari en ódýrasti bíllinn, bensíndrifin Corolla.

Tafla 10 : Samanburður á samfélagskostnaði til 10 ára (Hekla hf a, 2014; Hekla hf b, 2014; Nissan á Íslandi, 2014; Toyota á Íslandi, 2014)

Tegund		Undirgerð	Orkugjafi	Kostnaður 10 ár	Núvirt	Mismunur
Toyota	Corolla 1,33L Dual VVT-i	Bensín		4.187.685	3.917.183	0,0%
Volkswagen	Golf Trendline 1,4 TSI	Bensín		4.218.661	3.962.483	1,2%
Skoda	Rapid Ambition 1,6 TDI	Dísel		4.296.593	4.049.876	3,4%
Skoda	Rapid Ambition 1,4 TSI	Bensín		4.373.697	4.098.420	4,6%
Volkswagen	Golf Trendline 1,6 TDI	Dísel		4.396.466	4.164.404	6,3%
Toyota	Corolla 1,4D -4D	Dísel		4.666.369	4.429.423	13,1%
Nissan	Leaf Visia	Rafmagn		5.884.361	5.644.537	44,1%
Toyota	Prius +	Blandað		5.905.405	5.670.714	44,8%
Toyota	Prius plug-in	Blandað		6.771.170	6.635.183	69,4%

6.8.5 Næmnigreining samfélagslegs kostnaðar – forsendar

Til að fá betri mynd af hvaða breytur hefðu áhrif á samfélagslegan kostnað bílanna voru gerðar næmnigreiningar. Könnuð voru áhrif ekinna kílómetra og olíuverðs og borin saman við upphaflegu niðurstöðurnar. Einnig var kannað hversu mikil áhrif forsenda um nýja rafhlöðu á sjöunda ári hafði á samanburðinn. Próf á eknum kílómetrum og olíuverði voru gerð með að kanna áhrif 15% lækkunar í viðkomandi breytu, 15% hækkunar og loks 50% hækkunar. Allar aðrar breytur en voru til greiningar héldust óbreyttar í hverju tilviki.

6.8.6 Eknir kílómetrar

Í töflu 11 má sjá niðurstöður næmnigreiningar fyrir ekna kílómetra. Taflan sýnir krónutölu fyrir ódýrasta bílinn í hverri sviðsmynd og hversu mikið hlutfallslega dýrari samanburðarbílar eru. Bensín Corolla er bæði á nokkuð lágu verði miðað við samanburðarbíla og er jafnframt mjög sparneytin. Það sést þó hvernig bilið minnkar með vaxandi kílómetra fjölda þegar bæði sparneytnari bílar, rafbílarnir og tvinnbílarnir minnka bilið verulega. Nissan Leaf er þó undir öllum sviðsmyndum töluvert dýrari en bilið dregst saman með auknum akstri.

Tafla 11 : Næmnigreining á samfélagskostnaði út frá breytingum á eknum kílómetrum (Hekla hf a, 2014; Hekla hf b, 2014; Nissan á Íslandi, 2014; Toyota á Íslandi, 2014)

Tegund	Undirgerð	Orkugjafi	Samfélags-		Eknir km -15%	Eknir km +15%	Eknir km +50%
			kostnaðu	Eknir km -15%			
Toyota	Corolla 1,33L Dual VVT-i	Bensín	3.917.183 kr.	3.691.853	4.142.512 kr.	4.668.280 kr.	
Volkswagen	Golf Trendline 1,4 TSI	Bensín		1,2%	1,6%	0,8%	0,1%
Skoda	Rapid Ambition 1,6 TDI	Dísel		3,4%	4,1%	2,7%	1,4%
Skoda	Rapid Ambition 1,4 TSI	Bensín		4,6%	4,8%	4,5%	4,2%
Volkswagen	Golf Trendline 1,6 TDI	Dísel		6,3%	7,6%	5,2%	3,0%
Toyota	Corolla 1,4D -4D	Dísel		13,1%	14,6%	11,7%	9,0%
Nissan	Leaf Visia	Rafmagn		30,7%	50,3%	38,5%	27,6%
Toyota	Prius plug-in	Blandað		44,8%	48,3%	41,6%	35,4%
Toyota	Prius +	Blandað		69,4%	76,4%	63,1%	50,8%

6.8.7 Olíuverð

Í útreikningum var reiknað þannig að bensín og díselolía yrðu fyrir sömu hlutfallslegu verðbreytingum í hverri sviðsmynd. Tafla 12 sýnir ódýrasta bíl við hverja sviðsmynd og hversu mikið hlutfallslega dýrarí samanburðarbílar eru. Aftur var bensín Corolla ódýrust við bæði 15% lækkun og hækkun en við 50% hækkun reyndist bensín Golf vera ódýrastur. Þó var munurinn á efstu fjórum bílunum innan við 1% sem er hverfandi. Áhrif olíuverðsins sáust greinilega hjá Leaf bílnum en hann getur þó varla talist samkeppnishæfur á gefnum forsendum, er rúmlega 20% dýrarí en flestir hefðbundnu bílarnir, jafnvel við 50% hækkun eldsneytisverðs.

Tafla 12 : Næmnigreining á samfélagskostnaði út frá breytingum á olíuverði (Hekla hf a, 2014; Hekla hf b, 2014; Nissan á Íslandi, 2014; Toyota á Íslandi, 2014)

Tegund	Undirgerð	Orkugjafi	Samfélags-		Oliuverð -15%	Oliuverð +15%	Oliuverð +50%
			kostnaðu	Oliuverð -15%			
Toyota	Corolla 1,33L Dual VVT-i	Bensín	3.917.183 kr.	3.698.248	4.136.117 kr.	4.614.075 kr.	0,7%
Volkswagen	Golf Trendline 1,4 TSI	Bensín		1,2%	1,9%	0,5%	0,1%
Skoda	Rapid Ambition 1,6 TDI	Dísel		3,4%	4,9%	2,0%	1,4%
Skoda	Rapid Ambition 1,4 TSI	Bensín		4,6%	4,7%	4,6%	5,2%
Volkswagen	Golf Trendline 1,6 TDI	Dísel		6,3%	8,6%	4,3%	0,9%
Toyota	Corolla 1,4D -4D	Dísel		13,1%	15,6%	10,9%	7,2%
Nissan	Leaf Visia	Rafmagn		20,8%	52,6%	36,5%	22,3%
Toyota	Prius plug-in	Blandað		38,9%	49,0%	41,0%	34,5%
Toyota	Prius +	Blandað		44,8%	78,8%	61,0%	45,4%

6.8.8 Áhrif rafhlöðu

Engin reynsla er komin á líftíma rafhlöðu Nissan Leaf hér á landi og líftímaspár því háðar mikilli óvissu. Því var talið eðlilegt að gera næmnigreiningu án rafhlöðukaupa. Íslenskar aðstæður eru einnig afar hagstæðar þar sem umhverfishiti er tiltölulega lágor sem hefur mjög jákvæð áhrif á endingu rafhlaðna. Samkvæmt greiningunni sem sjá má í töflu 13 er

Nissan 30,4% dýrari en samfélagslega hagstæðasti bíllinn yfir 10 ára líftíma. Sá munur myndi minnka töluvert við aukna keyrslu og/eða hækkun olíuverðs eins og sást í fyrri næmnigreiningum á samfélagslegum kostnaði en er samt veruleg hindrun.

Tafla 13 : Samanburður á samfélagskostnaði án kaupa á rafhlöðu (Hekla hf a, 2014; Hekla hf b, 2014; Nissan á Íslandi, 2014; Toyota á Íslandi, 2014)

Tegund	Undirgerð	Orkugjafi	Samfélags-kostnaður	Án rafhlöðukaupa
Toyota	Corolla 1,33L Dual VVT-i	Bensín	3.917.183 kr.	3.917.183 kr.
Volkswagen	Golf Trendline 1,4 TSI	Bensín	1,2%	1,2%
Skoda	Rapid Ambition 1,6 TDI	Dísel	3,4%	3,4%
Skoda	Rapid Ambition 1,4 TSI	Bensín	4,6%	4,6%
Volkswagen	Golf Trendline 1,6 TDI	Dísel	6,3%	6,3%
Toyota	Corolla 1,4D -4D	Dísel	13,1%	13,1%
Nissan	Leaf Visia	Rafmagn	44,1%	30,7%
Toyota	Prius +	Blandað	44,8%	44,8%
Toyota	Prius plug-in	Blandað	69,4%	69,4%

7 Umræður

Niðurstöður samanburðar á líftímakostnaði sýna að við mat á útlögðum kostnaði bíleigenda er rafbíll fyllilega samkeppnishæfur við hefðbundna bíla, bæði miðað við 5 og 10 ára tímaramma. Rafbíllinn reyndist 1,45% dýrari en ódýrasti samanburðarbíll í 5 ára samanburði og 1% í 10 ára samanburði. Þrátt fyrir að ekki séu lögð fram formleg næmnipróf á einkakostnaði sýndu tilraunir að aukning í eknum kílómetrum voru rafbílum í hag þ.e. kostnaður hans jókst hægar en samanburðarbíla. Sama má segja má segja um verðbreytingar á olíu sem hafa engin bein áhrif á kostnað rafbíls. Rekstrarkostnaður rafbílsins er láger en kaupverð tiltölulega hátt ólíkt hefðbundnum bílum. Árlegur rekstrarkostnaður rafbílsins er um 4,1% af kaupverði hans ef kostnaði rafhlöðu er skipt jafnt niður á árin en 2,3% án rafhlöðukaupa. Sama hlutfall var fyrir tengiltvinnbíllinn Toyota Prius 2,2% og tvinnbíllinn Toyota Prius 4,2%. Fyrir hefðbundna bíla var hlutfallið á bilinu 5,5-8,3%. Hækkun flestra rekstrartengdra breytna ætti því að vera rafbíl í hag.

Við samanburð á samfélagskostnaði kom hátt innflutningsverð rafbílsins berlega í ljós um leið og skattar og innflutningsgjöld voru dregin frá samanburðarbílum. Rafbíllinn reyndist þá 44,1% dýrari en ódýrasti samanburðarbíll sem var bensín útgáfa Toyota Corolla. Hækkun bæði aksturs- og verðstuðla hafði töluverð jákvæð samanburðaráhrif fyrir rafbíllinn en ekki næg til að bæta upp fyrir hærra kaupverð. Við 50% aukningu aksturs var Leaf enn 27,6% dýrari en ódýrasti samanburðarbíll en 22,3% dýrari við samsvarandi hækkun olíuverðs. Einnig voru könnuð áhrif þess að rafhlöðuending yrði betri en í fyrri útreikningi. Rafbíllinn var þá 30,7% dýrari en ódýrasti samanburðarbíll. Rafbíllinn er því ekki hagkvæmur kostur miðað við reiknaðan samfélagskostnað og gefnar forsendur.

Eins og kemur fram í kafla um samfélagslegan kostnað er verkefnið aðeins byggt á þeim kostnaðarliðum sem eru til greiðslu í rekstri bíla. Á þeim mælikvarða er rafbíll ekki góður kostur. Til þess að meta heildar samfélagslegan kostnað eða ábata af rafbílum væri þó nauðsynlegt að meta til fjár kostnað við þá mengun sem samanburðarbílar valda umfram

rafbíla. Þá er átt fyrst og fremst við útblástur skaðlegra lofttegunda og hljóðmengun. Að einhverju leyti er sá munur falinn í vörugjöldum sem miðuð eru við magn af útblæstri koltvísýrings sem bíllinn veldur á hvern ekinn kílómetra og sköttum á eldsneyti. Ekki var þó valið að taka tillit til þessara leiðréttigar áhrifa heldur að kanna hreinan áætlaðan kostnað að frádregnum álögum hins opinbera.

Ekki var tekið tillit til fjölda annara þátta í samanburði sem geta haft veruleg áhrif á samfélagslegan kostnað eða ábata við rafbíla vegna þess hversu yfirgrípsmiklir þeir eru og erfitt að meta til fjár. Það féll því ekki innan stærðarramma verkefnisins. Dæmi um aðra þætti en umhverfislega sem skipti á hefðbundnum bílum fyrir rafbíla myndu hafa áhrif á eru:

1. Aukið orkuöryggi á landinu með notkun innlendra orkugjafa í stað innfluttra
2. Jákvæðari viðskipta- og gjaldeyrisjöfnuður vegna minni innflutnings á olíu sem hefði styrkjandi áhrif á gengi krónunnar
3. Lægra og stöðugara verðlag þar sem raforka er mun ódýrari og sögulega stöðugari í verði en olía.
4. Hleðslutíma kann að valda kostnaði einstaklinga.
5. Skemmri drægni rafbíla hefur áhrif á getu bíleigenda til lengri ferðalaga
6. Kostnaður við uppbyggingu innviða fyrir rafbíla en jafnframt ábati við að minnka eða loka aðstöðu fyrir olíugeymslu og dreifingu.

Mat höfundar er að þessir þættir muni í samanburði vega þungt rafbílum í vil en ekki er unnt að fullyrða neitt án frekari rannsókna á þessum liðum.

Það sem kom í ljós við rannsóknir að baki ritgerðinni var áberandi skortur íslenskra stjórnvalda á heildstæðri langtímastefnu í málefnum vistvænna bifreiða. Stefnan virðist hafa verið suðupottur af öllum möguleikum án þess að gera neinum of hátt undir höfði. Breytingar á löggjöf um vörugjöld og niðurfelling virðisaukaskatts eru verulega góð skref í átt að vistvænni farartækjum en stjórnvöld þyrftu að lengja niðurfellingartíma verulega og setja áþreifanleg markmið til þess að stefna geti orðið árangursrík. Annars er óvissa um verð of mikil og árangur af aðgerðum eða skortur á honum ekki metanlegur. Gott fyrsta skref væri að kaupa aðeins inn rafbíla við endurnýjun bíla í eigu ríkisins í þeim tilfellum þar sem drægni væri ekki lykilatriði. Einnig væri hægt að skapa sérstaka

tímabundna hvata fyrir bílaleigur sem eru stórir kaupendur bíla á hverju ári og um leið
stórir seljendur notaðra bíla. Með þeim hætti væri kostur að skapa stóran virkan markað
með rafbíla á örfáum árum.

8 Lokaorð

Vinna við verkefnið reyndist nokkuð yfirgripsmeiri en áætlað var í upphafi. Höfundur hefur við vinnslu þess orðið mikill áhugamaður um vistvæna bíla, þá aðallega möguleika í rafbílum og vetnisbílum. Mat höfundar er að verð og frammistaða rafbíla muni taka miklum breytingum á næstu árum til batnaðar. Rafhlöðutæknin að baki rafbílum er enn að slíta barnsskónum en hefur tekið gríðarlegum framförum á undanförnum árum með stórauknum rannsóknum og fjölda rafbíla á markaði. Tæknipróun er sjaldnast línuleg og að mati höfundar eru líkur góðar á stórum stökkum á þeim vettvangi á allra næstu árum. Því væri skynsamlegt að leggja línur fyrir hönd íslenska ríkisins um heildstæða stefnu um innleiðingu rafbíla hér á landi, markmið og hvatakerfi.

Ein erfiðasta spurningin sem vaknaði þó við gerð verkefnisins var sú hvernig ætti að meta aðsteðjandi hættuþætti og afleiðingar hlýnunar jarðar. Ef hættan er yfirvofandi og hættuleg framtíð mannkyns virðast aðgerðir þjóða veraldar og alþjóðasamfélagsins vera í litlu samhengi við vandann. Efnahagskerfi veraldar ganga sinn vanagang og áfram eru framleiddir bílar og reist orkuver sem notast við jarðefnaeldsneyti. Ef notast á við markaðslausrnir til að draga úr útblæstri gróðurhúsalofttegunda hlýtur því verðið á útblæstri að vera of lágt.

Heimildaskrá

- A. Denny Ellerman, F. J. (2010). *Pricing Carbon: The European Union Emissions Trading Scheme*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Sótt 20. ágúst 2014 frá http://www.google.is/books?hl=en&lr=&id=pigVprvX56QC&oi=fnd&pg=PR10&dq=market+failure+carbon+emissions&ots=CsZJ0aFIOH&sig=_mhi5n0ARDey44zYoxvjYrJkxko&redir_esc=y#v=onepage&q=market%20failure%20carbon%20emissions&f=false
- Atlantsolía. (2014). *Um Atlantsolíu*. Sótt 11. september 2014 frá Atlantsolía: <http://www.atlantsolia.is/page.aspx?id=67>
- Blanco, S. (27. maí 2010). *Details on Nissan Leaf battery pack including how recharging speed affects battery life*. Sótt 16. september 2014 frá Green Autoblog: <http://green.autoblog.com/2010/05/27/details-on-nissan-leaf-battery-pack-including-how-recharging-sp/>
- Boston Consulting Group. (júlí 2011). *Powering Autos to 2020 - The Era of the Electric Car?* Sótt 25. ágúst 2014 frá Boston Consulting Group: <http://www.bcg.com/documents/file80920.pdf>
- Buchmann a, I. (2011). *Lithium Based Batteries*. Sótt 6. september 2014 frá Battery University: http://batteryuniversity.com/learn/article/lithium_based_batteries
- Buchmann b, I. (2011). *Is Lithium Ion the Ideal Battery?* Sótt 6. september 2014 frá Battery University: http://batteryuniversity.com/learn/article/is_lithium_ion_the_ideal_battery
- Deane, M. (10. september 2010). *Products With Surprisingly Low Markup*. Sótt 12. september 2014 frá Investopedia: <http://www.investopedia.com/financial-edge/0910/products-with-surprisingly-low-markup.aspx>
- Even. (21. júlí 2014). *Tesla model S*. Sótt 10. september 2014 frá Even: <http://www.even.is/#!tesla-model-s/c3bi>

Faria, R., Moura, P., Delgado, J., & de Almeida, A. T. (september 2012). A sustainability assessment of electric vehicles as a personal mobility system. *Energy Conversion and Management*, 61, bls. 19-30.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2012.02.023>.

FÍB. (2014). *Rekstrarkostnaður bifreiða janúar 2014*. Sótt 20. ágúst 2014 frá fib.is: <http://fib.is/?ID=2160>

FuelEconomy.Gov a. (3. september 2014). *All Electric Vehicles (EVs)*. Sótt 3. september 2014 frá The Official U.S. Government Source for Fuel Economy Information: <http://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>

FuelEconomy.Gov b. (5. september 2014). *FCV Challenges*. Sótt 15. september 2014 frá The Official U.S. Government Source for Fuel Economy Information: http://www.fueleconomy.gov/feg/fcv_challenges.shtml

Hagstofa Íslands a. (27. ágúst 2014). *Breytingar á vísitölu neysluverðs frá 1988*. Sótt 12. september 2014 frá Hagstofa Íslands: <http://hagstofa.is/?PageID=2599&src=https://rannsokn.hagstofa.is/pxis/Dialog/varval.asp?ma=VIS01000%26ti=Breytingar+%E1+v%EDsit%F6lu+neysluver%F0s+r%E1+1988%26path=../Database/visitolur/neysluverd/%26lang=3%26units=V%EDsit%F6lur%20og%20hlutf%F6ll>

Hagstofa Íslands b. (2014). *Innnflutningur eftir hagrænni flokkun (BEC) 1999-2013*. Sótt 29. ágúst 2014 frá Hagstofa Íslands: <http://hagstofa.is/?PageID=2601&src=https://rannsokn.hagstofa.is/pxis/Dialog/varval.asp?ma=UTA03103%26ti=Innnflutningur+eftir+hagr%E6nni+flokkun+%28BEC%29+1999%2D2013%26path=../Database/utanrikisverslun/InnnflutningurAR/%26lang=3%26units=Cif%20ver%F0%20%ED%>

Hagstofa Íslands c. (2014). *Innnflutningur nokkurra vörutegunda eftir mánuðum 1999-2014*. Sótt 30. ágúst 2014 frá Hagstofa Íslands: <http://hagstofa.is/?PageID=745&src=/temp/Dialog/varval.asp?ma=UTA03201%26ti=Innnflutningur+nokkura+v%F6rutegunda+eftir+m%E1nu%F0um+1999%2D2011%26path=../Database/utanrikisverslun/Innnflutningur/%26lang=3%26units=Einingerar/Tonn/CIF%20millj%F3nir%20kr%F3na>

Hagstofa Íslands d. (3. apríl 2014). *Lykiltölur mannfjöldans 1703-2014*. Sótt 2. september

2014 frá Hagstofa Íslands:
<http://hagstofa.is/?PageID=2593&src=https://rannsokn.hagstofa.is/pxis/Dialog/varval.asp?ma=MAN00000%26ti=Lykilt%F6lur+mannfj%F6ldans+1703%2D2014++++++%26path=../Database/mannfjoldi/Yfirlit/%26lang=3%26units=Fj%F6ldi>

Hagstofa Íslands e. (2014). *Útsöluverð nokkurra vörutegunda og þjónustuliða 1980-2013*.

Sótt 30. ágúst 2014 frá Hagstofa Íslands:
<http://hagstofa.is/?PageID=2599&src=https://rannsokn.hagstofa.is/pxis/Dialog/varval.asp?ma=VIS05201%26ti=%DAts%F6luver%F0+nokkura+v%F6rutegunda+og+%FEj%F3nustuli%F0a+1980%2D2013%26path=../Database/visitolur/neyslael dra/%26lang=3%26units=Kr%F3nur>

Hagstofa Íslands f. (2013). *Verð á ýmsum orkutegundum 1980-2012*. Sótt 30. ágúst 2014

frá Hagstofa Íslands:
<http://hagstofa.is/?PageID=2597&src=https://rannsokn.hagstofa.is/pxis/Dialog/varval.asp?ma=IDN02302%26ti=Ver%F0+%E1+%FDmsum+orkutegundum+1980%2D2012%26path=../Database/idnadur/orkumal/%26lang=3%26units=Kr%F3nur%20%E1%20einingu/ver%F0v%EDsitala>

Hanley, N., & Spash, L. C. (1993). *Cost-Benefit Analysis and the Environment*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited. Sótt 14. september 2014 frá <http://www.ima.kth.se/utb/mj2694/pdf/CBA.pdf>

Hekla hf a. (2014 2014). *Skoða Rapid*. Sótt 5. september 2014 frá Hekla:
<http://issuu.com/hekla.is/docs/rapid?e=4236093/2611431>

Hekla hf b. (2014). *Nýr Volkswagen Golf*. Sótt 2. september 2014 frá Hekla hf:
<http://www.hekla.is/static/files/efni/verdlistar/vw/golf.pdf>

Idaho National Laboratory. (27. ágúst 2014). *How Do Gasoline & Electric Vehicles Compare?* Sótt frá Advanced Vehicle Testing Activity:
<http://avt.inel.gov/pdf/fsev/compare.pdf>

International Energy Agency b. (2013). *Global EV Outlook: Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020*. Electric Vehicles Initiative. Sótt 19. ágúst 2014 frá

http://www.iea.org/topics/transport/electricvehiclesinitiative/EVI_GEO_2013_FullReport.PDF

International Energy Agency c. (án dags.). *Hybrid Electric Vehicles (HEV)*. Sótt 27. ágúst 2014 frá IEA - Hybrid & Electric Vehicle Implementing Agreement:
<http://www.ieahev.org/about-the-technologies/hybrid-electric-vehicles/>

International Energy Agency d. (án dags.). *Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs)*. Sótt 27. ágúst 2014 frá Hybrid & Electric Vehicle Implementing Agreement:
<http://www.ieahev.org/about-the-technologies/plug-in-hybrid-electric-vehicles/>

Investor words. (2014). *Depreciation*. Sótt 6. september 2014 frá Investor Words:
<http://www.investorwords.com/1416/depreciation.html>

Lánamál. (15. september 2014). *Markaðsyfirlit*. Sótt 15. september 2014 frá Lánamál:
<http://www.lanamal.is/markadsyfirlit>

Lög um ráðstafanir í ríkisfjármálum (tekjuöflunaraðgerðir, kjarasamningar, verðlagsbreytingar o.fl.). nr. 139/2013.

Lög um ráðstafanir í ríkisfjármálum (tekjuöflunaraðgerðir, kjarasamningar, verðlagsbreytingar o.fl.). nr. 146/2012..

Lög um umhverfis- og auðlindaskatta nr. 129/2009.

Lög um virðisaukaskatt nr. 50/1988.

Lög um vörugjald af ökutækjum, eldsneyti ofl. nr. 29/1993.

McGrath, M. (5. desember 2013). *GM Pulling Most Of Chevrolet Out Of Europe, But Leaving Corvette*. Sótt 3. september 2014 frá Forbes Online:
<http://www.forbes.com/sites/maggiemcgrath/2013/12/05/gm-pulling-most-of-chevrolet-out-of-europe-but-leaving-corvette/>

McKinsey & Company. (júlí 2012). *Battery technology charges ahead*. Sótt 20. ágúst 2014
frá McKinsey & Company:
http://www.mckinsey.com/insights/energy_resources_materials/battery_technology_charges_ahead

Metan. (24. júní 2010). *Fréttablaðið viðauki - Framtíð metans er mikil, viðtal við Björn H. Halldórsson framkvæmdastjóra Metans hf.* Sótt 15. september 2014 frá Metan:
<http://metan.is/resources/Files/Metan/MB-S6-BHH-240610.pdf>

N1. (2014). *Starfsemi - staðsetningar*. Sótt 11. september 2014 frá N1:
<http://www.n1.is/n1/starfsemi/stadsetningar/>

Nilsson, M. (júní 2011). *The Phenomenon of Range Anxiety*. Sótt 10. september 2014 frá Elvire:

http://www.elvire.eu/IMG/pdf/The_phenomenon_of_range_anxiety_ELVIRE.pdf

Nissan á Íslandi. (20. ágúst 2014). *Nissan.is/electric-vehicles/leaf*. Sótt frá <http://www.nissan.is/electric-vehicles/leaf/>

Nissan in the news. (3. nóvember 2010). *Nissan releases specs for the 2011 Leaf EV*. Sótt 22. ágúst 2014 frá Nissan in the news: [http://www.nissaninthenews.com/nissan-releases-specs-for-the-2011-leaf-ev/](http://www.nissanintheneews.com/nissan-releases-specs-for-the-2011-leaf-ev/)

Nissan U.S.A. (2014). *COMPARE 2015 NISSAN LEAF® VERSIONS & SPECS*. Sótt 15. september 2014 frá Nissan U.S.A.: <http://www.nissanusa.com/electric-cars/leaf/>

Olís. (2014). *Þjónustustöðvar*. Sótt 11. september 2014 frá Olís:
<http://www.olis.is/solustadir/thjonustustodvar>

OR. (1. júlí 2014). *Verðskrá Orkuveitu Reykjavíkur fyrir raforkudreifingu*. Sótt 4. september 2014 frá Orkuveita Reykjavíkur:
https://www.or.is/sites/default/files/raforkudreifing_13.01.2014_vefbirting_0.pdf

Orka náttúrunnar. (2. september 2014). *Fyrsta hraðhleðslustöðin á Suðurlandi opnuð*. Sótt 16. september 2014 frá Orka náttúrunnar: <http://www.on.is/frettir/fyrsta-hradhledslustodin-sudurlandi-opnud>

Orka náttúrunnar. (september 2014). *Hraðhleðsla, spurt og svarað*. Sótt 15. september 2014 frá Orka náttúrunnar: <http://www.on.is/hradhledsla-spurt-og-svarad>

Orkan. (án dags.). *Orkustöðvar*. Sótt 11. september 2014 frá Orkan:
<http://www.orkan.is/Orkustodvar>

Orkusalan. (1. júlí 2014). *Verðskrá fyrir sölu til heimila miðað við 1. júlí 2014*. Sótt 4. september 2014 frá Orkusalan: <https://www.orkusalan.is/heimili/#box-4>

Orkustofnun a. (2013). *Olíunotkun innanlands 1982-2012*. Sótt 20. ágúst 2014 frá Eldsneytisnotkun:
http://www.orkustofnun.is/media/eldsneyti/Notkun_Innanlands.xlsx

- Orkustofnun a. (16. ágúst 2014). Rafbílar. Sótt frá
<http://www.orkustofnun.is/eldsneyti/vettvangur-um-vistvaent-eldsneyti/rafmagn/nr/284>
- Orkustofnun b. (2013). *Uppruni raforku - stöðluð yfirlýsing 2013.* Sótt 1. september 2014 frá Orkustofnun: <http://www.orkustofnun.is/media/upprunaabyrgdir/OS-yfirlýsing2013-stodlud-A4-HR.pdf>
- Orkustofnun b. (13. janúar 2014). *Raforkuvinnsla á hvern íbúa árið 2011.* Sótt 2. september 2014 frá Orkustofnun: <http://www.os.is/media/raforka---toflur-og-skifurit/RT-2014-13-01-Raforkuvinnsla-a%CC%81-hvern-i%CC%81bu%CC%81a.xlsx>
- Samgöngustofa a. (2013). *Bifreiðatölur 2013.* Sótt 20. ágúst 2014 frá Samgöngustofa: <http://bifreidatolur.samgongustofa.is/?nid=1063>
- Samgöngustofa a. (2014). *Önnur tölfræði.* Sótt 20. ágúst 2014 frá Samgöngustofa: <http://www.samgongustofa.is/umferd/tolfraedi/onnur-tolfraedi/>
- Samgöngustofa b. (2013). *Fólksbifreiðar-2013.* Sótt 20. ágúst 2014 frá Samgöngustofa: <http://bifreidatolur.samgongustofa.is/?nid=1189>
- Samgöngustofa b. (2014). *Topp 10 fólksbifreiðar.* Sótt 5. september 2014 frá Bifreiðatölur - Samgöngustofa: <http://bifreidatolur.samgongustofa.is/?nid=49>
- Samgöngustofa c. (2013). *Öll ökutæki 2012.* Sótt 11. september 2014 frá Samgöngustofa: <http://bifreidatolur.samgongustofa.is/?nid=1089>
- Seiður ehf. (4. september 2014). *GSM bensín - Höfuðborgarsvæðið.* Sótt 4. september 2014 frá GSM Bensín: http://www.gsmbensin.is/gsmbensin_web.php
- Skeljungur. (2014). *Staðsetning stöðva.* Sótt 11. september 2014 frá Skeljungur: <https://www.skeljungur.is/kort-lyklar/stadsetning-stodva/>
- Skúlason, J. B. (janúar 2012). *Stimulating the growth of electric mobility in the North Atlantic region.* Nordic Atlantic Cooperation (NORA). Sótt 15. ágúst 2014 frá Íslensk Nýorka: <http://newenergy.is/gogn/2012/Skyslur/noraskyrlan.pdf>
- Toyota Íslandi. (2014). *Berðu saman allt að þrjá bíla úr Toyota línumni.* Sótt 5. september 2014 frá Toyota Íslandi: www.toyota.is/cars/new_cars/quick_compare.aspx

Toyota U.S.A. (2014). *2015 Prius Plug-in Hybrid*. Sótt 6. september 2014 frá Toyota Motors Sales U.S.A.: <http://www.toyota.com/prius-plug-in-hybrid/ebrochure/>

U.S. Department of Energy. (2011). *Plug-In Electric Vehicle Handbook for Consumers*. Sótt 27. ágúst 2014 frá Alternative Fuels Data Center: <http://www.afdc.energy.gov/pdfs/51226.pdf>

U.S. Department of Energy. (5. maí 2012). *2011 Nissan Leaf - VIN 0356 - Advanced Vehicle Testing*. Sótt 24. ágúst 2014 frá Office Of Energy Efficiency & Renewable Energy: http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/avta/pdfs/fsev/battery_leaf_0356.pdf

U.S. Drive. (júní 2013). *Electrochemical Energy Storage - Technical Team Roadmap*. Sótt 27. ágúst 2014 frá Office of Energy Efficiency & Renewable Energy: http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/program/eestt_roadmap_june2013.pdf

U.S. Energy Information Administration. (31. ágúst 2014). *Petroleum and other liquids - Europe Brent Spot Price FOB*. Sótt 31. ágúst 2014 frá U.S. Energy Information Administration - Independent Statistics & Analysis: <http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=rbrte&f=m>

Umhverfisráðuneytið. (2008). Loftslagsbreytingar. Sótt 20. ágúst 2014 frá http://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/loftslagsbreytingar.pdf

Umhverfisstofnun. (2014). *Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990-2012. National Inventory Report - Submitted under the United Nations framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol*, Umhverfisstofnun. Sótt 11. september 2014 frá <http://www.ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Loftslagsbreytingar/ICELAND%20NIR%202014.pdf>

Vegagerðin. (2. september 2013). *Vegalengdir - tafla yfir ýmsar leiðir*. Sótt 8. september 2014 frá Vegagerðin: <http://www.vegagerdin.is/vegakerfid/vegalengdir/tafla-yfir-ymsar-leidir/>

Vísindavefurinn. (2004). *Hvað veldur gróðurhúsaáhrifum?* Sótt 20. ágúst 2014 frá Vísindavefurinn: <http://www.visindavefur.is/svar.php?id=4686>

- Voelcker a, J. (11. nóvember 2013). *How do Electric Cars Work?* Sótt 23. ágúst 2014 frá The Car Connection: http://www.thecarconnection.com/tips-article/1088469_how-do-electric-cars-work
- Voelcker b, J. (26. ágúst 2013). *Nissan Tests New Heat-Resistant Battery For Leaf Electric Car.* Sótt 15. september 2014 frá Green Car Reports: http://www.greencarreports.com/news/1086498_nissan-tests-new-heat-resistant-battery-for-leaf-electric-car
- Voelcker c, J. (28. júní 2014). *Nissan Leaf New Battery Cost: \$5,500 For Replacement With Heat-Resistant Chemistry.* Sótt 3. september 2014 frá Green Car Reports: http://www.greencarreports.com/news/1092983_nissan-leaf-battery-cost-5500-for-replacement-with-heat-resistant-chemistry
- Wiaux, J., & Chanson, C. (maí 2013). *The Lithium-Ion Battery Servic Life Parameters.* Sótt 8. september 2014 frá United Nations Economic Committee for Europe: <https://www2.unece.org/wiki/download/attachments/8126481/EVE-06-05e.pdf?api=v2>

