



Skýrsla nr. C17:02

Samanburður á þjóðhagslegum kostnaði
rafbíla og bensínbíla

ágúst 2017

HAGFRÆÐISTOFNUN



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Hagfræðistofnun Háskóla Íslands

Odda v/Sturlugötu

Sími: 525-5284

Heimasíða: www.hhi.hi.is

Tölvufang: ioes@hi.is

Skýrsla nr. C17:02

Samanburður á þjóðhagslegum kostnaði rafbíla og bensínbíla

ágúst 2017

Formáli

Hjá Hagfræðistofnun hefur Sigurður Björnsson, hagfræðingur, aðallega unnið að þessari skýrslu. Skýrslan var að mestu unnin á lokamánuðum ársins 2016, þó að ekki hafi verið gengið frá henni til birtingar fyrr en nú.

Skýrslan var rýnd af tveimur óháðum sérfræðingum á sviðinu.

Reykjavík, 29.8.2017

Sigurður Jóhannesson

Ágrip

Markmið um orkuskipti í samgöngum er oftast rökstutt með því að draga þurfi úr útblæstri gróðurhúsalofttegunda. Minna hefur farið fyrir efnahagslegum rökum, þar sem umhverfissjónarmið eru aðeins einn þáttur af mörgum sem teknir eru inn í dæmið.

Í þessari athugun er notast við aðferðafræði kostnaðar- og ábatagreiningar, en það er aðferð til að meta kerfisbundið styrkleika og veikleika ákvörðunar. Aðferðin gengur út á að telja upp á skipulagðan hátt öll áhrif ákvörðunar og flokka þessi áhrif sem jákvæð eða neikvæð eftir því út frá hverjum greiningin er hugsuð. Áhrifin eru svo metin til fjár og lögð saman fyrir það tímabil sem er til skoðunar. Þar með fæst hreinn ábati af ákvörðuninni. Ef velja á milli nokkurra kosta skal velja þann sem skilar mestum hreinum ábata.

Hér er borinn saman þjóðhagslegur heildarkostnaður staks rafbíls og sambærilegs bensínbíls yfir skilgreindan líftíma bílanna. Í þjóðhagslegu mati felst að fólk, fyrirtæki og ríkisvald hér á landi er hugsað sem ein heild og leggst kostnaður og ávinningur þeirra saman. Innkaupskostnaður bíla og kostnaður vegna bensínkaupa er kostnaður samfélagsins. Kostnaður vegna framleiðslu vara og þjónustu hér á landi er líka útgjöld fyrir íslenskt samfélag. Greiðslur milli fólks, fyrirtækja og ríkis hér á landi sem engin vöruskipti eða þjónusta er á bak við, eins og skattar, hafa hinsvegar ekki áhrif á þjóðhagslegan kostnað. Mengun af bílum og annað tengt þeim, sem hefur áhrif á þjóðarhag, er tekið með í reikninginn eins og kostur er. Sumu, sem skiptir máli, er sleppt þar sem erfitt er að meta það til fjár. Dæmi um þetta er óhagræði vegna gisins nets rafhleðslustöðva og óvissa um endingu rafbíla.

Grunndæmi, þar sem forsendur útreikninga eru hafðar sem eðlilegastar, leiðir í ljós að núvirtur þjóðhagslegur heildarkostnaður algengasta rafbíls á Íslandi, Nissan Leaf, er um 300 þús. krónum meiri en heildarkostnaður sambærilegs sjálfskipts bensínbíls, Nissan Pulsar Acenta. Munurinn nemur 7,0% af heildarkostnaði bensínbílsins. Í niðurstöðukafla má finna sundurliðaðan samanburð á kostnaði fyrir fleiri tegundir bíla. Innkaupsverð rafbíls er almennt nokkru hærra en innkaupsverð sambærilegs bensínbíls, en rekstrarkostnaður rafbíls nokkru minni. Í töflunni hér að neðan má sjá niðurstöður grunndæmis fyrir þær Nissanbifreiðar sem skoðaðar voru, sem og niðurstöður tveggja

annarra dæma (lengri vegalengd ekin á ári og rafhlöðuskiptum sleppt). Taflan sýnir núvirtan heildarkostnað rafbíls umfram núvirtan heildarkostnað bensínbíls í þúsundum króna, en í sviga er munurinn í prósentum af verði bensínbílsins.

	Leaf og sjálfsk. Pulsar	Leaf og beinsk. Pulsar
Forsendur eins og í grunndæmi	300 (7,0)	430 (10,4)
15.000 km 2016 og minnkar um 0,2% á ári	167 (3,8)	285 (6,6)
Án rafhlöðuskipta	-174 (-4,1)	-44 (-1,1)

Til að varpa frekara ljósi á ólíka uppbyggingu kostnaðar bílanna er borinn saman kostnaður þeirra við hvern ekin kilómetra. Tekin eru fyrir nokkur dæmi, þar sem horft er á ólíka kostnaðarliði, allt frá heildarkostnaði niður í hluta rekstrarkostnaðar. Þegar heildarkostnaður er skoðaður er rafbíllinn dýrari (í samræmi við niðurstöðu grunndæmis), en þegar rafhlöðuskiptum er sleppt, er kostnaður rafbíls minni.

Niðurstöður kostnaðargreiningarinnar eru afar háðar breytileika í forsendum. Greint er hvernig hver forsenda fyrir sig þarf að breytast til þess að kostnaður rafbíls og bensínbíls verði sá sami. Bílarnir þurfa að endast í 18,5 ár í stað 15 ára í grunntilfelli til að kostnaður jafnist. Aka þarf um 35% lengri vegalengd á ári, bensínverð þarf að hækka 3% hraðar, kolefnisverð að sjö- til áttfaldast eða innkaupsverð rafbíla að lækka um tæplega 9% til að kostnaður jafnist. Einnig var kannað hvernig munur á heildarkostnaði breytist þegar annarsvegar var gengið út frá forsendum sem eru rafbílum hagfelldar og hinsvegar rafbílum óhagfelldar. Þegar aðstæður eru rafbíl hagfelldar er heildarkostnaður rafbíls um 1,7 milljón krónum lægri en þegar aðstæður eru honum óhagfelldar er hann um 1,1 milljón dýrari en sambærilegur bensínbíl.

Ýmislegt sem gerir rafbíllinn að lakari kosti en bensínbíl var ekki tekið með í þessa greiningu, þar sem erfitt er að meta það til fjár. Rafbíl á fullri hleðslu dregur enn þó nokkru styttra en bensínbíl með fullan tank af bensíni. Sérstaklega er kvartað undan því að drægni ódýrra rafmagnsbíla sé lítil – ekki síst þegar kalt er og nota þarf miðstöðina.

Lengri tíma tekur að hlaða rafbíl en að fylla bensíntank. Einnig er verra að verða rafmagnslaus en bensínlaus. Hægt er að fara á næstu bensínstöð og fá nokkra lítra með í brúsa til þess að hægt sé að keyra bensínbílinn. Á hinn bóginn þarf að koma rafbílnum sjálfum í hleðslu. Til skamms tíma hafa hraðhleðslustöðvar verið fáar og stundum er aðeins ein innstunga á slíkum stöðvum, þannig að biðtími getur verið langur. Lítil drægni og ófullkomið kerfi hleðslustöðva torvelda akstur rafbíla út um land. Erfiðleikar af þessu tagi fara minnkandi – en hægt að dómri sumra. Allt þetta er utan þess reikningsdæmis sem hér er kynnt.

Í lokin má sjá gróft mat á því hversu mikillar orku og mikils afls rafbílavæðing fólksbílaflotans á Íslandi krefst. Einnig er lagt mat á hversu mikið magn koldíoxíðs losnar ekki út í andrúmsloftið ef skipt er úr bensínbílum í rafbíla. Niðurstöður benda til að orkuþörfin sé um 600 GWst á ári. Mun erfiðara er að segja til um aflþörf þar sem erfitt er að fullyrða nokkuð með vissu um hleðslumynstur rafbílaflotans í framtíðinni. Sé gert ráð fyrir að helmingur bílaflotans sé í hleðslu og að engin ný tækni sé nýtt til að létta á aflþörf, má áætla að aflþörfin sé um 400 MW. Ef hleðsla dreifist hinsvegar eins mikið og mögulegt er verður aflþörfin einungis um 70 MW. Það er mjög líklega vanmat. Magn koldíoxíðs sem ekki losnar er talið verða um 580 þús. tonn á ári árið 2031, síðasta árið sem greiningin nær til.

Efnisyfirlit

Formáli	3
Ágrip	4
Efnisyfirlit	7
Myndaskrá	9
Töfluskrá.....	9
1 Markmið	11
1.1 Markmið og eðli kostnaðar- og ábatagreiningar.....	12
1.2 Erfiðleikar við mat á kostnaði.....	13
1.3 Fyrri athuganir	14
2 Almennar forsendur	15
2.1 Endingartími bíla	15
2.2 Akstur á ári	16
2.3 Ávöxtunarkrafa.....	16
3 Kostnaðarliðir	17
3.1 Innkaupskostnaður.....	17
3.2 Rekstrarkostnaður og annar kostnaður á líftíma bíls.....	18
3.2.1 Eldsneytiskostnaður	18
3.2.1.1 Þjóðhaglegur kostnaður bensíns.....	18
3.2.1.2 Þjóðhagslegur kostnaður raforku.....	20
3.2.2 Viðhaldskostnaður	23
3.2.3 Umhverfiskostnaður	25
3.2.3.1 Kostnaður vegna útblásturs gróðurhúsalofttegunda.....	25
3.2.3.2 Aðrar aðferðir við verðlagningu koldíoxíðútblasturs: Skattar og markaðir	26
3.2.3.3 Umhverfiskostnaður sem ekki er tekið tillit til.....	27

3.2.4	Hljóðmengun.....	28
3.3	Annað sem hefur áhrif á fýsileika raf- eða bensínbíla en kemur ekki inn í greiningu	29
3.4	Um orkuöryggi og gjaldeyrissparnað	30
4	Yfirlit yfir þá bíla sem voru til skoðunar.....	30
5	Niðurstöður.....	33
5.1	Grunntilfelli.....	33
5.2	Kostnaður við hvern ekinn kílómetra	37
5.3	Næmisgreining	38
5.3.1	Stakar forsendur	38
5.3.2	Besta og versta raunhæfa útkoma fyrir rafbíl.....	39
5.4	Áhrif skipta yfir í rafbíla	42
5.4.1	Niðurstöður	45
5.4.2	Áður útgefið efni	47
	Viðmælendaskrá	49
	Heimildaskrá	50

Myndaskrá

Mynd 2-1. Mismunur á kostnaði rafbíls og bensínbíls sem hlutfall af heildarkostnaði bensínbíls, hvoru tveggja núvirt með 5,0% vöxtum.....	14
Mynd 4-1. Meðalverð á hráolíu, Arabian Light, 1. janúar árin 1970 til 1987 og Brent Spot Price 1988 til 2016 (Orkuspárnefnd, 2016b). Verð er bæði sýnt á verðlagi hvers árs og leiðrétt fyrir almennum verðbreytingum með verðvísitölu.	19
Mynd 4-2. Bensínverð án skatta og opinberra gjalda 2005 - 2016 (Runólfur Ólafsson, framkvæmdastjóri hjá FÍB, tölvupóstur 2.11.2016).	19
Mynd 4-3. Spá um þróun bensínverðs (blár ferill eftir áramót 2016/2017) og meðalverð frá 2005 til 2016 framlengt til 2031 til hliðsjónar (rauður ferill).	20
Mynd 4-4. Vísitala raforkuverðs aftur í tímann (2002-2016) og svo spá í framhaldinu út 2031 samkvæmt vaxtarspá raforkuverðs í Bretlandi (2% meðalvöxtur á ári). (Hagstofa Íslands, 2016).	23
Mynd 6-1. Munur á kostnaði rafbíls og bensínbíls sem fall af afvöxtun.	39
Mynd 6-2. Aflþörf sem fall af hlutfalli í bíla í hleðslu á hverjum tíma.	47

Töfluskrá

Tafla 2-1. Rafbíll eða bensínbíll, þjóðhagslegt mat, niðurstöður Jóns Þorvalds Heiðarssonar, 2011. Tölur eru í þúsundum króna (Jón Þorvaldur Heiðarsson, 2011).....	15
Tafla 3-1. Samanburður á ávöxtunarkröfu í nokkrum Evrópulöndum. Frakkar nota misháan ávöxtunar-stuðul eftir því hvort um er að ræða kostnað (5%) eða ábata (8%) (Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2009).	17
Tafla 5-1. Yfirlit yfir þá bíla sem teknir voru til skoðunar.	32
Tafla 6-1. Samantekt á forsendum grunntilfellis.	34

Tafla 6-2. Núvirtur heildarkostnaður bílanna þriggja í grunntilfelli yfir líftíma þeirra í íslenskum krónum. Heildarkostnaður er námundaður að 1.000 krónum.	35
Tafla 6-3. Yfirlit yfir mun á heildarkostnaði bíla eftir mismunandi forsendum varðandi árlegan akstur, bensínverð og rafhlöðuskipti. Tölur eru í þúsundum króna og hlutfall mismunar af heildarkostnaði viðkomandi rafbíls eru í prósentum í sviga. Jákvæðar tölur merkja að rafbíllinn er dýrari, neikvæðar að hann sé ódýrari.	36
Tafla 6-4. Kostnaður við hvern ekinn kílómetra í krónum miðað við eldsneytiskostnað, allan rekstrarkostnað og heildarkostnað yfir líftíma bílsins með og án rafhlöðuskipta.	37
Tafla 6-5. Yfirlit yfir hvernig stakar forsendur, að öðrum forsendum óbreyttum, þurfa að breytast til að rafbíll verði jafn dýr og sjálfskiptur bensínbíll.	38
Tafla 6-6. Forsendur fyrir tilfelli þar sem aðstæður eru annað hvort hagstæðar eða óhagstæðar fyrir rafbíl, ásamt grunntilfelli.	41
Tafla 6-7. Heildarkostnaður bíla eftir því hvort aðstæður eru hagstæðar eða óhagstæðar rafbíl miðað við bensínbíl, ásamt niðurstöðum grunntilfellis. Upphæðir eru í þús. kr.	41
Tafla 6-8. Munur á heildarkostnaði bíla eftir því hvort aðstæður er hagstæðar eða óhagsætæðar rafbíl miðað við bensínbíl, ásamt niðurstöðum grunntilfellis. Upphæðir eru í þús. kr.	42
Tafla 6-9. Yfirlit yfir ódýrustu aðgerðir sem hægt er að ráðast í til að minnka útblástur CO ₂ . (Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2017).....	44
Tafla 6-10. Forsendur fyrir útreikninga fyrir rafbílavæðingu og niðurstöður fyrir árið 2031.....	46

1 Markmið

Markmið þessa verkefnis er að bera saman núvirtan kostnað við að kaupa og reka rafbíl og bensínbíl á Íslandi út frá þjóðhagslegu sjónarhorni, frá því að bíll er keyptur og þar til honum er lagt. Þegar kostnaður er reiknaður verður notast við aðferðafræði kostnaðar- og ábatagreiningar, en henni er lýst í kafla **Error! Reference source not found.** Dæmið er gert upp frá sjónarhóli allra Íslendinga. Fólk, fyrirtæki og ríkisvald hér á landi er hugsað sem ein heild og leggst kostnaður og ávinningur þessara þriggja hópa saman. Greiðslur vegna bílakaupanna sjálfra og olúkaupa sem renna úr landi eru kostnaður íslensks samfélags. Vörunar flytjast ekki heldur af sjálfu sér til Íslands svo að flutningskostnaður skoðast einnig sem kostnaður. Kostnaður vegna framleiðslu vara og þjónustu hér á landi er líka kostnaður sem íslenskt samfélag þarf að greiða. Til dæmis þarf mannafla og tæki til að framleiðaraforku, svo að einhverju þarf að kosta til við framleiðslu hennar þó að hún sé framleidd innanlands. Raforkan kemst ekki heldur af sjálfu sér frá virkjun til kaupanda. Greiðslur milli fólks, fyrirtækja og ríkis hér á landi, sem engin vöruskipti eða þjónusta er á bak við, eru hins vegar skoðaðar sem tilfærslur og þær hafa ekki áhrif á útkomuna. Dæmi um slíkar tilfærslur eru skattar og opinber gjöld, til dæmis á bifreiðar eða eldsneyti. Landsmenn þurfa líka að þola útblástur og hávaða af bílum sem einhvers virði er að losna við.

Skoðaðir eru fólksbílar, en ekki flutningabílar eða önnur stærri ökutæki. Reynt er að taka tillit til sem flestra þátta sem taldir eru hafa áhrif á þjóðhagslegan kostnað – en sumu er sleppt. Farið er yfir þá kostnaðarliði sem metnir eru í þessari athugun í kafla 3. Þeir stærstu voru innkaupsverð, eldsneyti og viðhald, en kostnaður vegna útblásturs gróðurhúsalofttegunda og kostnaður vegna hávaða er einnig talinn með. Ýmislegt sem gerir rafbíla að lakari kosti en bensínbíla er hins vegar ekki tekið með í dæmið – einfaldlega vegna þess að erfitt er að meta það til fjár. Rafbílar komast til dæmis yfirleitt skemmri leið á fullri hleðslu en bensínbílar. Lengri tíma tekur að hlaða rafbíl en að fylla bensíntank og meira mál er að verða rafmagnslaus en bensínlaus. Lítil drægni ódýrra rafmagnsbíla og fáar hleðslustöðvar torveldu akstur rafbíla utan þéttbýlis. Allt þetta er utan við dæmið sem hér er reiknað.

1.1 Markmið og eðli kostnaðar- og ábatagreiningar

Kostnaðar- og ábatagreining er aðferð til að meta kerfisbundið styrkleika og veikleika ákvörðunar, framkvæmdar eða stefnubreytingar. Kostnaðar- og ábatagreining gengur út á að telja upp á skipulagðan hátt öll áhrif ákvörðunar og flokka þessi áhrif sem jákvæð (ábata) eða neikvæð (kostnað) eftir því út frá hverjum greiningin er hugsuð. Áhrifin eru svo metin til fjár, í tilraun til að setja þau á sömu mælistikuna, og lögð saman fyrir það tímabil sem er til skoðunar. Þar með fæst hreinn ábati af ákvörðuninni fyrir þann hóp sem greiningin var hugsuð út frá. Ef velja á milli nokkurra kosta skal velja þann sem skilar mestum hreinum ábata. Ef greining er hugsuð út frá þjóðhagslegu sjónarhorni eru allir landsmenn hugsaðir sem ein heild þar sem ávinningur þeirra leggst saman.

Til að fá rétta mynd af hreinum ábata þyrfti að meta alla þætti til fjár. Ef mikilvægum áhrifum er sleppt er mat á hreinum ábata líklega bjagað. Þar af leiðandi eru þau áhrif tekin með sem nokkur kostur er að verðmeta. Þannig verður heildarmyndin skýrari. Sjaldnast er hinsvegar hægt að meta allan ábata og kostnað til fjár. Bæði er það tímafrekt og kostnaðarsamt og oft er ábatinn eða kostnaðurinn þess eðlis að erfitt er að meta virði þeirra. Misjafnt er hve mikið matið bjagast, það fer eftir umfangi þeirra áhrifa sem ekkert tillit er tekið til og eru ekki metin til fjár. Ef áhrif þess sem erfitt er að meta eru umfangsmikil og vísa að mestu leyti í eina átt getur það leitt til verulegrar bjögunar og til þess að rangur kostur verði valinn. Af þessum sökum er kostnaðar- og ábatagreining gróft tæki til að meta hagkvæmni ólíkra aðferða og verður að taka tillit til þess við ákvarðanatöku. Ekki á til dæmis að túlka niðurstöðu kostnaðar- og ábatagreiningar á mun á kostum alveg upp á krónu og ef mjög litlu munar skal fara varlega í að nota eingöngu kostnaðar- og ábatagreiningu til að taka ákvörðun (Boardman, Grennberg, Vining og Weimer, 2014).

Í þessari athugun eru í bornir saman tveir kostir, bensínbíll og rafbíll. Sá kostur sem er betri samkvæmt kostnaðar- og nytjagreiningu er sá sem skilar meiri hreinum ábata. Þar sem aðaláhuginn er á mun á bílunum er hægt að sleppa því að meta þá eiginleika sem eru eins. Til dæmis er gengið út frá að ekki muni miklu á eiginleikum bílanna við sjálfan aksturinn (þ.e.a.s. gert er ráð fyrir að bílarnir hagi sér svipað á götunni) og að notagildi þeirra sé svipað að því leyti. Þar af leiðandi er ekki þörf á að meta almennan ábata af akstri. Aftur á móti tekur lengri tíma að hlaða rafbíl en það tekur að fylla bensíntank og

hægt er að keyra lengur á fullum bensíntank en fullum rafgeymi. Þar með er kominn munur sem ætti að taka tillit til. Hægt er að líta á lengri akstursvegalengd bensínbíls sem ábata hans umfram rafbíl. Þetta er dæmi um mun sem erfitt er að meta til fjár og það er ekki gert hér. Það veldur líklega einhverri bjögun á matinu. Nánar er fjallað um erfiðleika við mat á kostnaði í kafla 1.2.

Eins og fram kemur í niðurstöðukafla var aðeins lagt peningalegt mat á áhrif sem teljast til kostnaðar. Í þessari athugun eru engin áhrif talin með sem teljast til ábata. Þessvegna er hér framvegis talað um kostnaðarmat eða kostnaðargreiningu, en ekki kostnaðar- og ábatagreiningu þó að aðferðin sem farin er hér fylgi þeirri hugmyndafræði.

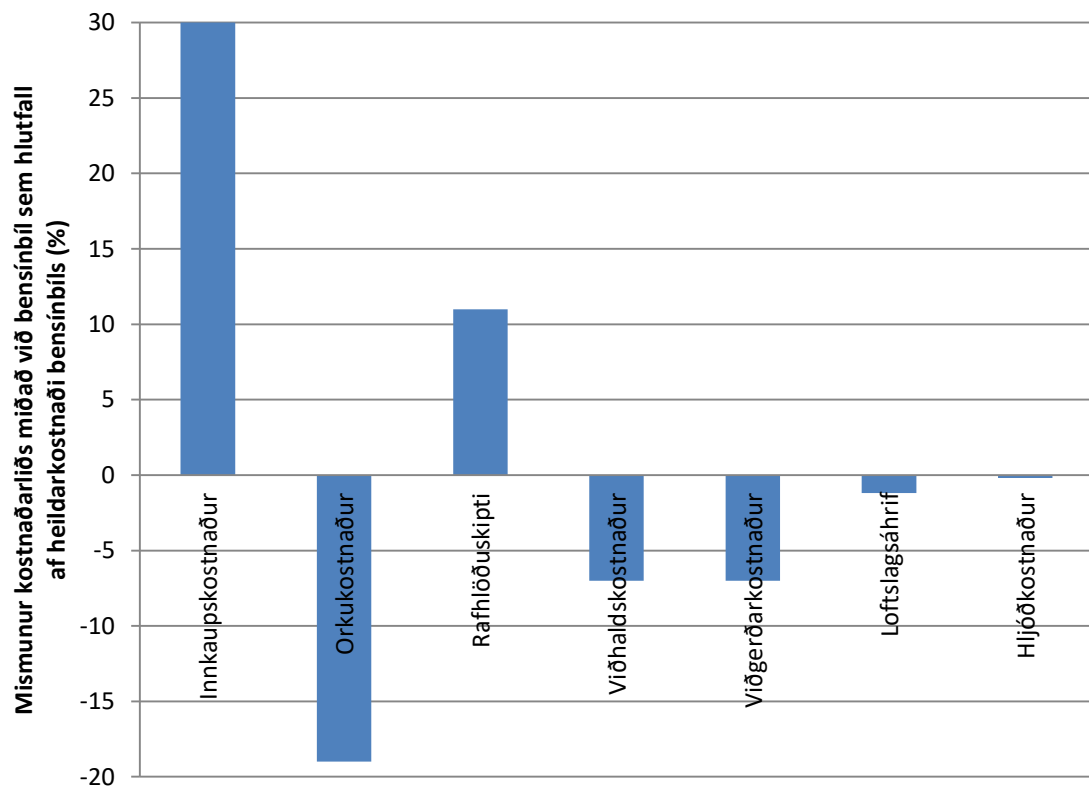
1.2 Erfiðleikar við mat á kostnaði

Afar misjafnt er hve auðvelt er að meta kostnaðarpætti til fjár. Bæði getur verið erfitt að meta verð á ýmsum þáttum og einnig getur verið mikil óvissa um mikilvæga þætti, sem þó er auðvelt að reikna kostnað af liggi upplýsingar fyrir. Hvernig meta á kostnað vegna útblásturs gróðurhúsalofttegunda er til dæmis ekki augljóst og nær ómögulegt er að spá fyrir um olíuverð langt fram í tímann með mikilli vissu. Þetta þýðir þó ekki að eðlilegt sé að sleppa þessum kostnaðarliðum, enda eru þeir mikilvægar breytur í þessari greiningu.

Eins og áður sagði getur vafi leikið á því hvernig ber að fara með útblástur af akstri bíla sem veldur gróðurhúsaáhrifum, því að kostnaður vegna þeirra leggst á alla heimsbyggðina en ekki bara á Íslendinga sjálfa. Ábati af því að minnka losun gróðurhúsalofttegunda eins og koldíoxíðs er enn fremur mjög óviss hvað varðar tímasetningu, umfang og staðsetningu. Þar sem útblásturinn hefur neikvæðar afleiðingar sem valda kostnaði, ætti taka þær afleiðingar með í reikninginn, rétt eins og annan kostnað. Landsmenn hafa gengist undir samninga um þessi mál, þar sem hvert land tekur ábyrgð á eigin útblæstri. Þar af leiðandi er allur kostnaður sem hlýst vegna ráðstafana sem gripið er til vegna útblásturs koldíoxíðs frá bílum sem ekið er hér á landi, tekinn með í þessari samantekt. Þessar ráðstafanir fela í sér annaðhvort takmörkun á útblæstri eða bindingu koldíoxíðs í sama magni og bílar láta frá sér. Nánar er fjallað um kostnað við útblástur gróðurhúsalofttegunda í kafla 3.2.3.1.

Annarskonar áhrif eins og til dæmis hljóðmengun, aukin umferð, óhagræði vegna þess hve lengi þarf að hlaða rafbíl og hve stutt hann dregur miðað við bensínbíl skipta einnig máli. Leiða má líkur að því að þessir þættir séu veigaminni en til dæmis innkaups- og

eldsneytiskostnaður. Eini liðurinn af þessu tagi sem tekinn er með hér eru áhrif hljóðmengunar. Um þau áhrif sem ekki eru metin til fjár hér er fjallað nánar í kafla 3.3. Mynd 1-1 sýnir mismun á kostnaði rafbíls og bensínbíls sem hlutfall af heildarkostnaði bensínbíls (nánar er farið í niðurstöður greiningarinnar í kafla 5). Myndin sýnir að mest áhrif hafa innkaupsverð, orkukostnaður, rafhlöðuskipti, viðhald og viðgerðir Umhverfiskostnaður (loftslagsáhrif) og hljóð eru hins vegar fremur léttvægir kostnaðarliðir. Í matið vantar liði, sem erfitt er að virða til fjár, eins og til dæmis skort á hleðslustöðvum fyrir rafmagnsbíla úti um land og óvissu um endingu rafmagnsbílanna.



Mynd 1-1. Mismunur á kostnaði rafbíls og bensínbíls sem hlutfall af heildarkostnaði bensínbíls, hvoru tveggja núvirt með 5,0% vöxtum.

1.3 Fyrri athuganir

Einungis ein athugun hefur verið gerð á því hér á landi hvernig þjóðhagslegum kostnaði rafbíla og bensínbíla ber saman svo að kunnugt sé. Hana gerði Jón Þorvaldur Heiðarsson hjá Rannsóknamiðstöð Háskólans á Akureyri (2011). Þar er einungis metinn innkaupskostnaður og eldsneytiskostnaður rafbíls og bensínbíls, auk þess sem gert er ráð fyrir 50.000 kr. útgjöldum á hvern bíl til þess að bæta tengingar við hleðslu rafbíla. Niðurstaða greiningar Jóns Þorvalds er sú að bensínbílar séu 800 þúsund krónum

hagkvæmari þegar heildarkostnaður fyrir 10 ára nýtingartíma er skoðaður. Fara verður varlega í að bera saman niðurstöður þessarar greiningar og þeirrar sem gerð er hér þar sem margar veigamiklar forsendur eru ólíkar. Forsendur um bensínverð og raforkuverð í upphafi nýtingartíma eru ólíkar og gert ráð fyrir mismikilli hækkun bensínverðs. Í skýrslu Jóns er einnig gert ráð fyrir að viðhaldskostnaður bílanna sé sambærilegur, að ekki felist beinn þjóðhagslegur ávinningur í minni útblæstri fólksbílaumferðar og að útblástur gróðurhúsalofttegunda frá Íslandi hafi ekki áhrif í alþjóðlegu samhengi. Áhrif útblásturs koma því ekki inn í greininguna. Aftur á móti er tekið tillit til allra þessara þátta í greiningunni sem hér fer á eftir. Í greiningu Jóns er enn fremur gert ráð fyrir 10 ára endingartíma bíla á móti 15 ára endingartíma í þessari greiningu. Niðurstöður athugunar Jóns má sjá í töflu 1-1.

Tafla 1-1. Rafbíll eða bensínbíll, þjóðhagslegt mat, niðurstöður Jóns Þorvalds Heiðarssonar, 2011. Tölur eru í þúsundum króna (Jón Þorvaldur Heiðarsson, 2011).

Kostnaður (í þúsundum króna)	Rafbíll (Nissan Leaf)	Bensínbíll
Innkaupskostnaður	4.000	2.300
Orkukostnaður	82	1.027
Tengikostnaður	50	0
Samtals	4.132	3.327
Mismunur m.v. bensínbíl	805	

2 Almennar forsendur

Hér á eftir fer umfjöllun um forsendur sem liggja að baki útreikningum á þjóðhagslegum kostnaði rafbíls og bensínbíls en eru óháðar orkugjafa. Fjallað verður um endingartíma bíla, meðalakstur á ári og afvöxtun.

2.1 Endingartími bíla

Samkvæmt Samgöngustofu var meðalaldur bifreiða á Íslandi við afskráningu 15 ár á tímabilinu 2006-2016 (Friðrik Hjörleifsson, sérfræðingur upplýsingavinnslu hjá

Samgöngustofu, tölvupóstur, 11.1.2017). Sú tala endurspeglar meðalnýtingartíma bifreiða á Íslandi og var hún notuð í greiningum. Hafa verður í huga að meðalaldurinn miðast að langmestu leyti við bensín- og dísilbifreiðar þar sem rafbílar og bílar með annars konar orkugjafa eru tiltölulega nýir. En ekki er ástæða til að ætla að rafbílar séu nothæfir skemur en bensínbílar, þó að líklegt verði að teljast að skipta þurfi um rafhlöðu. Í grunndæmi er gert ráð fyrir að það sé gert að átta árum liðnum í samræmi við áætlaðan endingartíma rafhlaða (Smarte Penger, 2016).

2.2 Akstur á ári

Umboðsaðili Nissan á Íslandi miðar við að seldir bílar fari í ástandsskoðun á árs fresti eða eftir að eknir hafa verið 15.000 km, hvort sem fyrr kemur (Nissan á Íslandi, 2016a). Í gögnum frá Samgöngustofu um meðalakstur fólksbíla á ári kemur hinsvegar fram að meðalakstur fólksbíla á Íslandi (bensín- og díselknúinna) sé nálægt 13.000 km. Talan er enn minni ef einungis bensínbílar eru skoðaðir (Samgöngustofa, 2016b). Í grunntilfelli verður miðað við 13.000 km, en það gildi látið minnka um 0,2 % á ári í takt við spá Orkuspárnefndar um akstur (Orkuspárnefnd, 2016a). Einnig verður athugað hvernig niðurstaða breytist ef eknir eru 15.000 km á ári.

2.3 Ávöxtunarkrafa

Val á ávöxtunarkröfu getur verið mjög breytilegt. Árið 2007 tók Hagfræðistofnun saman ávöxtunarkröfu í opinberum fjárfestingum í nokkrum Evrópuríkjum og má sjá niðurstöðuna í töflu 2-1. Frakkar nota misháan ávöxtunarstuðul eftir því hvort um er að ræða kostnað (5%) eða ábata (8%). Í skýrslu ParX um framtíðarstaðsetningu Reykjavíkurflugvallar frá árinu 2007 var gert ráð fyrir að eðlileg ávöxtunarkrafa samfélagslegra verkefna á Íslandi væri 5%. Þetta er í hærri kantinum miðað við þær tölur sem sjá má í töflu 2-1, enda hefur fjármagnskostnaður á Íslandi jafnan verið hærri en í samanburðarlöndum. Í takt við þessa niðurstöðu var ákveðið að notast við 5% ávöxtunarkröfu í þessari greiningu (Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2009).

Hærri vextir leiða til þess að kostnaður sem fellur til seint á líftíma bíls fær minna vægi. Rafbíll er dýrari í innkaupum en bensínbíll, en meiri kostnaður fellur til á hverju ári hjá bensínbíl (bensín, viðhald o.fl.). Meiri kostnaður fellur því að jafnaði til seinna á nýtingartíma vegna bensínbíls en rafbíls. Þegar vextir hækka minnkar núvirtur

heildarkostnaður bensínbíls því meira en kostnaður vegna rafbíls. Áhrif afvöxtunar eru skoðuð betur í niðurstöðukafla, en þess utan eru alltaf notaðir 5% vextir.

Tafla 2-1. Samanburður á ávöxtunarkröfu í nokkrum Evrópulöndum. Frakkar nota misháan ávöxtunarsuðul eftir því hvort um er að ræða kostnað (5%) eða ábata (8%) (Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2009).

Land	Ávöxtunarkrafa (%)
Þýskaland	3,0
Svíþjóð	4,0
Holland	4,0
Finnland	5,0
Bretland	3,5
Noregur	3,0
Frakkland	5,0 og 8,0

3 Kostnaðarliðir

Í þessum kafla verður farið yfir þann þjóðhagslega kostnað sem fellur til við kaup og rekstur bíls. Ekki er tekið tillit til allra kostnaðarliða í greiningunni sjálfri, en í lok kaflans er farið yfir atriði sem ætti að meta til fjár til að fá rétta niðurstöðu en ekki var lagt mat á.

3.1 Innkaupskostnaður

Innkaupskostnaður samanstendur af innkaupsverði innflytjenda, flutningskostnaði og álagningu. Flutningskostnaður ætti að vera sambærilegur fyrir þá bíla sem eru til skoðunar þar sem þeir eru áþekkir að stærð. Álagning endurspeglar kostnað innflytjenda við sölu. Innkaupsverð innflytjenda er trúnaðarmál og fengust ekki upplýsingar um það frá umboðum. Þar af leiðandi varð að áætla innkaupskostnað út frá opinberu listaverði bílanna. Frá listaverði voru dregin vörugjöld og virðisaukaskattur, en það verð sem stóð eftir endurspeglar bæði innkaupskostnað og álagningu og var ekki hægt að skilja þetta tvennt frekar að. Ef álagning er hlutfall af innkaupsverði gæti hún orsakað bjögun í mati á þjóðhagslegu verði bílanna vegna þess að rafbílur eru dýrari í innkaupum. Ekki er þó talið

líklegt að möguleg viðbótarálagning á rafbíla miðað við bensínbíla sé svo mikil að hún hafi afgerandi áhrif á niðurstöður. Innkaupsverð og meiri upplýsingar um þá bíla sem skoðaðir voru má sjá í töflu 4-1. Innkaupsverð var fengið með reiknivél fyrir skatta og opinber gjöld af innfluttum vörum á heimasíðu tollstjóra.

3.2 Rekstrarkostnaður og annar kostnaður á líftíma bíls

Ýmis kostnaður fellur til á líftíma bílanna. Þar ber helst að nefna eldsneytiskostnað og viðhaldskostnað. Einnig er ýmiss konar umhverfiskostnaður og annar kostnaður sem getur fallið til og tekið var tillit til þess eftir því sem hægt var. Allur kostnaður sem fellur til á ári hverju er afvaxtaður og lagður saman yfir nýtingartíma til að fá heildarkostnað yfir nýtingartíma bíla.

3.2.1 Eldsneytiskostnaður

3.2.1.1 Þjóðhaglegur kostnaður bensíns

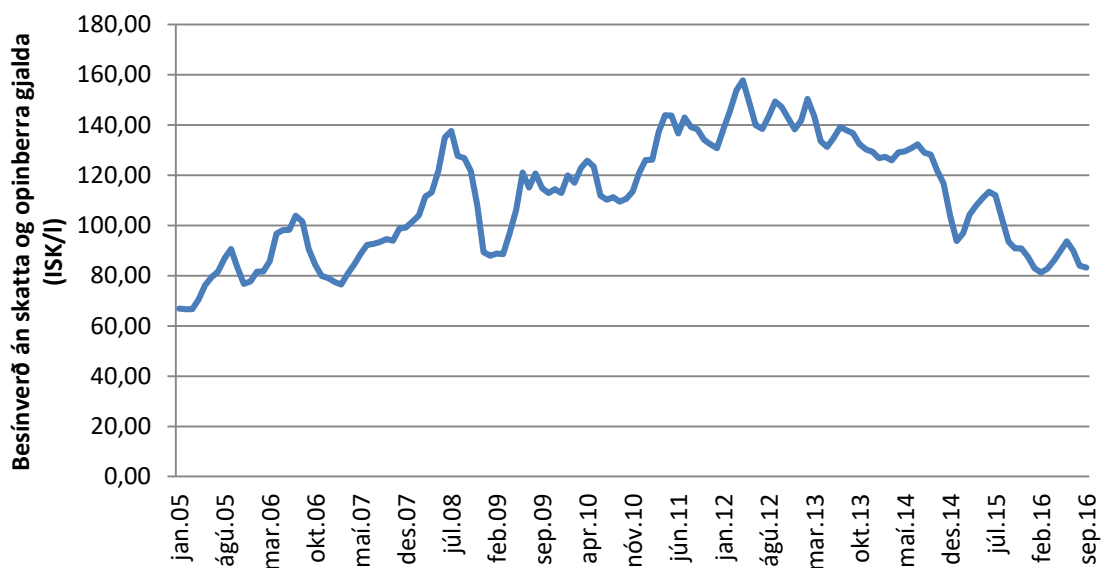
Olía er endanleg auðlind og þessvegna má leiða líkur að því að til langs tíma muni olíuverð hækka (Medlock, 2009). Í sögulegu samhengi hefur olíuverð hins vegar sveiflast mikið eins og sést á mynd 3-1. Á þeim tíma sem hér er horft á (15 ár) er margt sem getur haft áhrif á verðið og leitt til þess að það hækki ekki endilega með fyrirsjáanlegum hætti. Nefna má pólitískan óstöðugleika, verðsamráð, framleiðsluaukningu og aukna eftirspurn sem dæmi. Sveiflur í innlendu bensínverði eru einnig miklar eins og sést á mynd 3-2.

Afar erfitt er að spá fyrir um verðþróun á olíu og bensíni til langs tíma, en bensínverð er lykilbreyta í greiningu á kostnaðarmun rafbíls og bensínbíls. Hér voru tvær aðferðir notaðar til að spá bensínverði 15 ár fram í tímann. Annars vegar var miðað við að þjóðhagslegt bensínverð árið 2016, sem reyndist vera 83,18 kr/l, myndi vaxa um 4,6% að raunvirði að meðaltali á ári í takt við spá Orkustofnunar Bandaríkjanna um hækkun olíuverðs (U.S. Energy Information Administration (EIA), 2016a). Í þeirri aðferð var notast við útreiknað þjóðhagslegt bensínverð frá Félagi íslenskra bifreiðaeigenda, FÍB (Runólfur Ólafsson, framkvæmdastjóri hjá FÍB, tölvupóstur 2.11.2016). Innifalið í því er innkaupsverð, kostnaður vegna flutnings og álagning. Þessi aðferð var notuð í grunntilfelli. Til hliðsjónar var tekið meðaltal áætlaðs þjóðhagslegs bensínverðs árin 2005-2016, fært á verðlag 2016 með vísitölu neysluverðs, og það notað óbreytt öll 15 árin. Verðið reyndist vera 110,95 kr/l og notast var við gögn frá FÍB eins og áður við útreikninga.

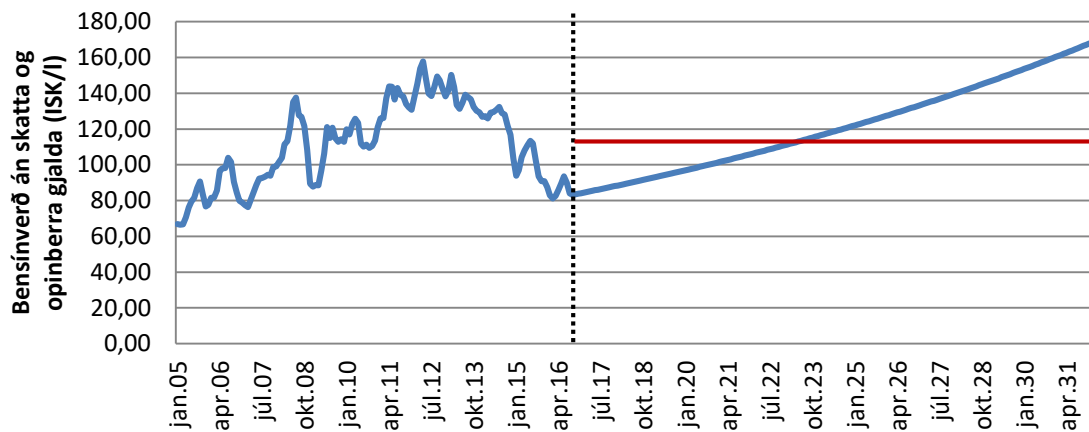
Forsendur verðs í útreikningum má sjá myndrænt á mynd 3-3. Til að fá bensínkostnað hvers árs er verð hvers árs margfaldað með eyðslu hvers bíls og fjölda ekinna kílómetra á hverju ári.



Mynd 3-1. Meðalverð á hráolíu, Arabian Light, 1. janúar árin 1970 til 1987 og Brent Spot Price 1988 til 2016 (Orkuspárnefnd, 2016b). Verð er bæði sýnt á verðlagi hvers árs og leiðrétt fyrir almennum verðbreytingum með verðvísitölu.



Mynd 3-2. Bensínverð án skatta og opinberra gjalda 2005 - 2016 (Runólfur Ólafsson, framkvæmdastjóri hjá FÍB, tölvupóstur 2.11.2016).



Mynd 3-3. Spá um þróun bensínverðs (blár ferill eftir áramót 2016/2017) og meðalverð frá 2005 til 2016 framleengt til 2031 til hliðsjónar (rauður ferill).

3.2.1.2 Þjóðhagslegur kostnaður raforku

Kostnaður felst bæði í framleiðslu raforku og flutningi og dreifingu hennar. Eðlilegt þótti því að taka flutnings- og dreifingarkostnað með í reikninginn. Rafmagnið kemst ekki af sjálfu sér frá virkjun til kaupanda og flutningnum fylgir kostnaður. Hér er því gert ráð fyrir að raforkuverð til notenda rafbíla samanstandi bæði af innkaupsverði raforkunnar og uppsettu verði fyrir flutning og dreifingu. Þó að hér sé skoðaður kostnaður við staka bíla er ekki endilega gert ráð fyrir að einungis einn rafbíll bætist við bílaflotann. Núverandi flutningskerfi ræður vel við nokkra rafbíla, ekki þyrfti að gera neinar ráðstafanir varðandi flutningskerfið og því þyrfti ekki að gera ráð fyrir þjóðhagslegum viðbótarkostnaði við að flytja rafmagnið. En ef rafbílum fjölgar umtalsvert þarf að grípa til aðgerða og fjárfesta í flutningskerfinu. Gert er ráð fyrir að umtalsverð fjölgun geti orðið á rafbílum. Fjallað verður nánar um áhrif umtalsverðrar rafbílavæðingar í kafla 5.4.

Þegar þjóðhagslegur kostnaður raforku er metinn er réttast að miða við fórnarkostnað. Þar er átt við þær tekjur sem fórnað er þegar raforka er seld til notenda rafbíla. Hvað gefur það af sér að fjárfesta í öðru en virkjunum? Sennilega mætti líka selja öðrum rafmagnið sem selt er eigendum rafbíla. Hvaða verð vilja þeir greiða? Smásöluverð á raforku var metið sem besta nálgun fórnarkostnaðar.

Líklegt er að fórnarkostnaður raforku hækki á komandi árum. Þótt Ísland sé ekki beintengt við raforkukerfi í Evrópu er raforka flutt út óbeint í formi áls, kísilmálms og fleiri afurða. Þau fyrirtæki sem kaupa orku á Íslandi hafa val um hvar þau reisa verksmiðjur

sí­nar (öfugt við Íslendinga almennt sem hafa takmarkaðra val um hvaðan þeir kaupa orkuna). Stór hluti raforku í heiminum er til dæmis framleiddur með kolum, og ekki er búist við umskiptum í þeim efnum á allra næstu árum. Kol eru óendurnýjanlegt jarðefnaeldsneyti, rétt eins og olía, og á svipaðan hátt má búast við því að verð á kolum hækki. Enn fremur er almennt spáð herra raforkuverði erlendis vegna aukinnar eftirspurnar og fleiri þátta. (National Grid, 2016; UK Government, 2016). Ef raforkuverð í heiminum hækkar hafa orkufyrirtækin möguleika á að selja raforkuna óbeint úr landi á sífellt herra verði. Þar með hækkar fórnarkostnaður raforku. Ákvarðanir innanlands geta aftur á móti stuðlað að því að raforkuverð til almennra neytenda hækki lítið eða ekkert. Þannig er ekki hægt að slá því föstu að breytingar í raforkuverði endurspegli breytingar í fórnarkostnaði raforkunnar.

Erfitt er að spá fyrir um þróun raforkuverðs hérlendis til langs tíma, rétt eins og um bensínverð, og margir óvissuþættir tengjast því. Aukin eftirspurn vegna margra rafbíla gæti ýtt raforkuverði upp. Hleðslumynstur getur einnig haft áhrif. Ef bílar eru hlaðnir á þeim tíma sólarhrings þegar laust rafmagn er til reiðu verða verðáhrif þessarar eftirspurnaraukningar minni en ella. Öðru máli gegnir ef hleðsla fellur að núverandi álagstoppum. Ekki er tekið tillit til þessara þátta hér.

Rétt er að nefna að þegar skoðaður er þjóðhagslegur kostnaður við framleiðslu raforku með vatnsafla er dýrast að framleiða fyrir þann sem notar meira rafmagn á veturna en sumrin. Ef raforkunotkun er jöfn yfir allt árið, eins og til dæmis hjá stóriðju, er kostnaðurinn minni. Ódýrast er að framleiða rafmagn sem notað er á sumrin. Ef rafbílar eru eknir meira á sumrin en á veturna verður þjóðhagslegur kostnaður af akstri þeirra því minni en ella. Ekki var tekið tillit til þessa í þessari greiningu.

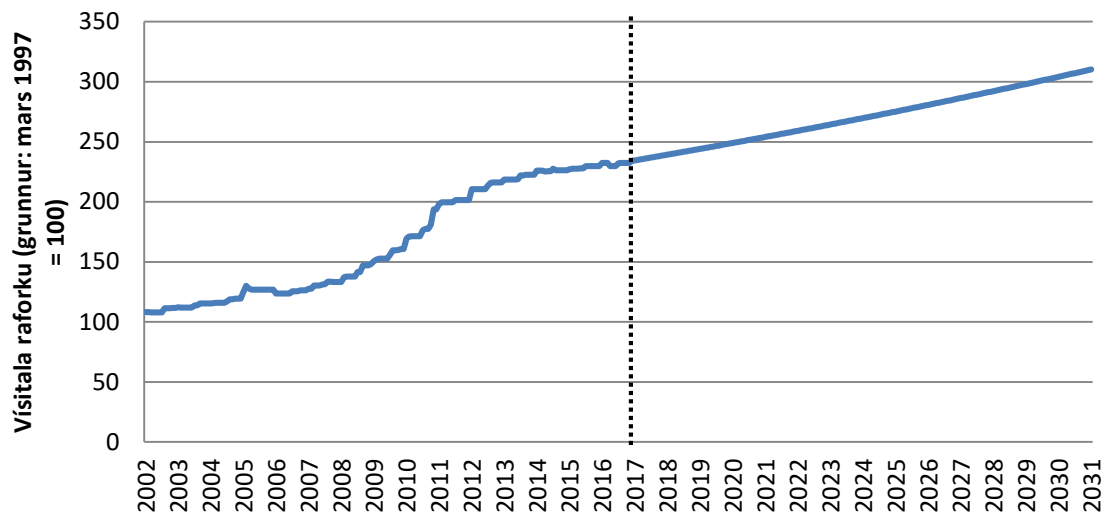
Jafnvel þótt bein tenging íslenska raforkukerfisins við útlönd verði ekki að veruleika á þeim tíma sem þessi athugun nær til má gera ráð fyrir að fórnarkostnaður raforku hækki í takt við raforkuverð erlendis vegna þess að íslensk orkufyrirtæki geta selt orkuna óbeint úr landi á verði sem ætti ekki að vera víðs fjarri því sem gerist annars staðar á Vesturlöndum (þó líklega lægra vegna fjarlægðar Íslands frá auðlindum og mörkuðum). Í grunndæmi er því gert ráð fyrir að það raforkuverð sem nú er á Íslandi hækki í takt við spár um hækkun raforkuverðs í Bretlandi. Rétt er þ  að taka fram að ekki er  ll raforka sem framleidd er á Íslandi í samkeppni við erlenda orku. Íslenskir neytendur eiga ekki enn

kost á að kaupa rafmagn frá útlöndum. Þess vegna er líklegt að verð hækki minna á Íslandi en í Bretlandi ef ekki verður lagður sæstrengur.

Lagning sæstrengs frá Íslandi til Bretlands eða meginlands Evrópu hefur nokkuð verið í umræðunni. Hönnun og lagning slíks strengs tekur langan tíma en hann gæti verið kominn í gagnið innan þess tímaramma sem hér er til skoðunar. Þá má gera ráð fyrir að raforkuverð á Íslandi og í Bretlandi verði svipað. Þar sem raforkuverð á Íslandi er lægra en í Bretlandi um þessar mundir, myndi það þá hækka meira hér á landi. Þessu dæmi verður lýst í niðurstöðukafla þar sem hagstæðustu og óhagstæðustu aðstæður fyrir rafbíla eru skoðaðar (kafli 5.3.2).

Upplýsingar um raforkuverð fyrir árið 2016 eru úr verðskrá Orku náttúrunnar (Orka náttúrunnar, 2016) og verð fyrir flutning og dreifingu er frá Veitum (Veitur, 2016). Raforkuverð með flutningi er 11,79 kr/kWst. Þar af er 5,7 kr fyrir raforkuna og 6,09 kr fyrir flutninginn. Gert er ráð fyrir að raforkuverð endurspegli framleiðslukostnað/fórarkostnað. Í grunntilviki er því gert ráð fyrir að það hækki um 2% að meðaltali á ári umfram almennt neysluverð næstu 15 ár, í samræmi við spár um hækkandi raforkuverð á Bretlandi (þ.e. hækkandi fórarkostnað raforku) (UK Government, 2016), (National Grid, 2016), (Nigel Bradbury, National Grid, tölvupóstur, 13.1.2017). Á mynd 3-4 má sjá þróun raforkuverðsvísitölu frá 2002 til 2016 og í framhaldinu spá. Spáð er verðhækkun sem er nánast jafnmikil og hækkun vísitölu raforkuverðs á Íslandi á árunum 2012 til 2016.

Þjóðhagslegur kostnaður vegna raforku er fenginn með því að margfalda hækkandi raforkuverð með eyðslu hvers bíls og fjölda ekinna kílómetra á ári til að fá raforkukostnað hvers árs.



Mynd 3-4. Vísitala raforkuverðs aftur í tímann (2002-2016) og svo spá í framhaldinu út 2031 samkvæmt vaxtarspá raforkuverðs í Bretlandi (2% meðalvöxtur á ári). (Hagstofa Íslands, 2016).

3.2.2 Viðhaldskostnaður

Að sögn umboðsaðila Nissan á Íslandi þurfa rafbílar almennt minna viðhald en bensínbílar (Loftur Ágústsson, markaðsstjóri hjá BL, persónuleg samskipti, október 2016). Rafbíllinn þarfnast til dæmis ekki eins reglulegrar smurningar og einnig eru einfaldlega færri hlutir í rafbílnum sem geta bilað. Ekki fundust upplýsingar um kostnað vegna viðhalds til langs tíma fyrir rafbíla, enda ekki svo mikil reynsla komin á þá ennþá. Upplýsingar fengust hinsvegar um meðalkostnað vegna ástandsskoðunar Nissan Leaf fjögur ár fram í tímann og sama kostnað fyrir sambærilegan bensínbíl (Nissan Pulsar) (Loftur Ágústsson, markaðsstjóri BL, tölvupóstur 20. október 2016). Í ástandsskoðunum er innifalið nokkurt viðhald, en að öllum líkindum kemur meira til í einhverskonar viðgerðir og viðhald á líftíma bílanna. Hér er gert ráð fyrir að kostnaður vegna ástandsskoðana haldi áfram með sama hætti út líftíma bílsins, en í því felst líklega vanmat á heildarviðhalds- og viðgerðarkostnaði. Ef öðrum viðhalds- og viðgerðarkostnaði en þeim sem hlýst við ástandsskoðanir er sleppt er líklegt að kostnaður við bensínbíl sé fremur vanmetinn en kostnaður af rafbíl, því að dýrara er að halda bensínbíl við.

Smarte Penger, norsk óháð vefsíða um fjármál og neytendamál, gerir ekki ráð fyrir neinum viðgerðakostnaði vegna rafbíla umfram ástandsskoðanir. Þar er hinsvegar gert ráð fyrir að viðgerðakostnaður umfram ástandsskoðanir fyrir bensínbíl sé 2.000 NKR á ári, um 26.800 ISK samkvæmt miðgengi Seðlabanka Íslands 4. nóvember 2016, og að

viðgerðakostnaður bensínbíls sé þar af leiðandi 26.800 ISK meiri fyrir bensínbíl en rafbíl á ári (Smarte Penger, 2016). Því fordæmi er fylgt í grunntilfelli þessarar greiningar.

Í kafla 5.3.2 eru skoðuð áhrif þess að breyta forsendum þannig að þær eru annarsvegar hagstæðar rafbílum og hinsvegar óhagstæðar þeim. Í hagstæða dæminu er gert ráð fyrir að viðhalds- og viðgerðakostnaður bensínbíls sé 140.000 ISK á ári, en það er í samræmi við mat FÍB á rekstrarkostnaði bifreiða fyrir árið 2016 (Félag íslenskra bifreiðaeigenda, 2016). Meðalkostnaður við ástandsskoðun bensínbíls er 47.196 ISK á ári samkvæmt upplýsingum frá umboðinu. Við hann er bætt 26.800 kr. í grunndæminu. Samkvæmt þessu má áætla að hámarksvanmat á mun á rekstrarkostnaði bensín- og rafbíls í grunntilfelli geti verið upp undir 70.000 kr. á ári miðað við þær upplýsingar sem liggja fyrir. Í óhagfellda tilfellinu er ekki gert ráð fyrir neinum viðbótarviðgerðakostnaði vegna bensínbíls. Ekki er gert ráð fyrir neinum viðhaldskostnaði umfram ástandsskoðanir fyrir rafbíla í dæmunum þremur.

Stór óvissuþáttur í viðhaldi rafbíls er hvort skipta þurfi um rafgeymi einhvern tíma á líftíma bílsins. Vonir eru bundnar við að rafgeymar haldi sér vel, en átta ára ábyrgð er á rafhlöðu Nissan Leaf (Loftur Ágústsson, Markaðsstjóri BL, tölvupóstur 4. nóvember 2016). Í grunndæmi er gert ráð fyrir að skipta þurfi um rafhlöðu eftir 8 ára notkun, en það telur Smarte Penger vera eðlilegan endingartíma (Smarte Penger, 2016). Kostnaður við rafhlöðuskipti á verðlagi ársins 2016 er um 700.000 kr. Ekki er ósennilegt að rafhlöðuskipti verði ódýrari eftir átta ár, svo að 700.000 kr skoðast sem efri mörk kostnaðar. Í hagfelldu dæmi í næmisgreiningu í kafla 5.3.2 er gert ráð fyrir að ekki þurfi að skipta um rafhlöðu, en í óhagfelldu tilfelli er gert ráð fyrir að skipt sé um rafhlöðu eftir átta ár líkt og í grunntilfelli þar sem ábyrgð á rafhlöðu gildir í átta ár.

Þess ber að geta að rafhlöður missa bæði hleðslugetu og getu til að koma frá sér afli eftir því sem tíminn líður og því rýrna nytjar af rafbílnum. En þó að rafhlaðan sé farin að eldast og virkni hennar að minnka þarf hún ekki að vera ónýt. Bensínbíllinn lætur einnig á sjá með tímanum og hann heldur ekki endilega öllum upphaflegum eiginleikum. Ekki var gerð tilraun til að athuga hvort nytjar af raf- eða bensínbíl minnka meira með tímanum. Rafbílar hafa ekki verið lengi á götunum, mun skemur en bensínbílar, svo að lítil reynsla er komin á notkun þeirra. Þar af leiðandi er erfitt að bera saman endingu þeirra og bensínbíla.

3.2.3 Umhverfiskostnaður

3.2.3.1 *Kostnaður vegna útblásturs gróðurhúsalofttegunda*

Í umræðu um loftslagsmál heyrir stundum að vegna þess hve Ísland er lítið og fámennt, skipti útblástur gróðurhúsalofttegunda frá því litlu sem engu máli þegar útblástur á heimsvísu er skoðaður. Það er rétt, heildarútbلاstur Íslands er afar lítill í alþjóðlegu samhengi. Það þýðir hinsvegar ekki að það sé hægt að sleppa því að taka tillit til hans. Ísland hefur gengist undir samninga þar sem hver þjóð ber ábyrgð á eigin útblæstri og á að stemma stigu við honum. Orðspor og traust Íslendinga myndi vafalaust bíða hnekki ef ráðamenn myndu hundska alþjóðlegar samþykktir og viðmið í loftslagsmálum með þeim rökum að landið væri svo lítið að það hefði engin áhrif. Í þessari athugun er þessvegna gert ráð fyrir að greiða þurfi fyrir útblástur.

Þegar meta á hve mikið greiða ætti vegna útblásturs gróðurhúsalofttegunda er eðlilegt að miða við þær aðferðir sem annaðhvort fanga koldíoxíðsútbلاstur eða koma í veg fyrir hann á sem ódýrasta hátt. Hvor leið um sig leiðir til minna koldíoxíðs í andrúmslofti en annars hefði verið. Sú aðferð sem er valin þarf líka að geta staðið undir nægri bindingu.

Á Íslandi er hægt að hugsa sér nokkrar leiðir sem hægt væri að fara við að fanga koldíoxíð úr andrúmslofti eða koma í veg fyrir útblástur þess. Endurheimt votlendis er ein leið. Þegar land er ræst fram með skurðgrefti kemst súrefni í meira mæli í snertingu við lífmassa sem safnast hefur upp í votlendinu yfir langan tíma þannig að meira kolefni sleppur út í andrúmsloftið. Uppgræðsla lands og skógrækt eru aðrar færar leiðir. Eins og áður sagði liggur beinast við að miða greiðslur vegna útblásturs koldíoxíðs frá bíl við lágmarkskostnað við að binda koldíoxíðið, eða koma í veg fyrir útblástur þess að því gefnu að aðferðin standi undir umtalsverðu umtalsverðri bindingu. Einnig er mikilvægt að hún sé auðveld í framkvæmd og að um hana ríki sæmileg sátt. Árið 2009 gaf Umhverfissráðuneytið út viðamikla skýrslu um möguleika á að draga úr nettóútstreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi. Í janúar 2017 kom út uppfærð skýrsla. Í uppfærðu skýrslunni er áætlað að það kosti rúmlega 900 kr. að koma í veg fyrir að tonn af koldíoxíði losni úr framræstu votlendi. Þar kemur einnig fram að um 2.700 kr. kosti að binda hvert tonn af koldíoxíði með landgræðslu (Brynhildur Davíðsdóttir o.fl., 2009; Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2017).

Þess má geta að ýmsar aðferðir til að binda jafn mikið magn CO₂ og bílaflotinn lætur frá sér eru ódýrari en endurheimt votlendis og landgræðsla, jafnvel ábatasamar. Með ódýrustu aðferðunum er gert ráð fyrir breyttu hegðunarmynstri o.s.frv. sem ekki er endilega hægt að treysta á. Til dæmis er gert ráð fyrir að fjölgun hjólastíga leiði til þess að fleiri hjóli, þannig að minna þurfi að fjárfesta í vegakerfinu og að það þurfi minna viðhald. Einnig er gert ráð fyrir að fólk kaupi sparneytnari bíla í meira mæli en gert er ráð fyrir o.s.frv. Minni óvissa er fólgin í aðgerðum eins og að endurheimta votlendi og græða upp land. Hinar ódýrari og mögulega ábatasömu aðferðir eru takmarkaðri að möguleikum hvað varðar magn bundins koldíoxíðs en endurheimt votlendis og uppgræðsla (Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2017).

Ákveðið var að miða kostnað vegna útblásturs við kostnað við endurheimt votlendis og landgræðslu vegna þess að þær aðferðir eru ódýrari en aðrar sem kostur er á hér á landi og möguleikar á bindingu koldíoxíðs eru miklir. Að auki endurspegla þær raunverulegan kostnað við bindingu koldíoxíðs. Það gera gjöld eða skattar ákveðnir af stjórnvöldum til dæmis ekki endilega. Mat á kostnaði við að binda hvert tonn af CO₂ með endurheimt votlendis er háð mikilli óvissu, ekki er víst hve langt menn vilja ganga og ekki er víst að þetta sé yfirhöfuð sú leið sem vilji er til að fara. Þessvegna er hér gert ráð fyrir að kolefnisjöfnun fari ekki einungis fram með endurheimt votlendis heldur landgræðslu líka. Í grunntilfelli var því notað vegið meðaltal kostnaðar við að binda eitt tonn af koldíoxíði með aðferðunum tveimur þar sem vegin endurspeglar hve mikið hvor aðferð getur bundið af koldíoxíði miðað við gefnar forsendur. Í kafla 3.2.3.2 er fjallað nánar um verðlagningu koldíoxíðútblásturs og það hvaða aðferðum öðrum væri mögulega hægt að beita til að fá mat á kostnað útblásturs frá bílaumferð.

Heildarkostnaður á ári vegna útblásturs koldíoxíðs er reiknaður sem margfeldi verðs á losuðu tonni, magns útblásturs viðkomandi bíls í tonnum á kílómetra og fjölda ekinna kílómetra yfir árið.

3.2.3.2 Aðrar aðferðir við verðlagningu koldíoxíðútblásturs: Skattar og markaðir

Kolefnisskattar sem settir eru á útblástur koldíoxíðs víða um heim gefa vísbendingu um mat á kostnaði vegna útblástursins. Á Íslandi er kolefnisgjaldið 5,25 kr/lítra af bensíni. Ef um 2,35 kg losna við bruna á einum bensínlítra er kolefnisgjaldið um 2.200 kr/CO₂ (Lög

um umhverfis- og auðlindaskatta, 2015; U.S. Energy Information Administration (EIA), 2016b). Ef gjaldið færi rakið í kolefnisbindingu sem dygði fyrir útblæstri mætti mögulega nota það hér sem kostnað vegna útblásturs. En tilgangur gjaldsins er að hvetja til notkunar vistvænna örkustækja, orkusparnaðar, minni losunar gróðurhúsalofttegunda og aukinnar notkunar á innlendum orkugjöfum. Í þingsályktun frá 2012 er sett fram markmið um að andvirði tekna af kolefnisgjaldi verði ráðstafað til verkefna sem stuðla að orkuskiptum og orkusparnaði í samgöngum (Frumvarp til laga um umhverfis- og auðlindaskatta, 2009; Þingsályktun um eflingu græna hagkerfisins, 2012). Ekki fundust nánari upplýsingar um hvert tekjur af gjaldinu renna. Gjaldið verður því að skoðast sem stjórntæki en ekki sértæk tekjuöflun og þess vegna er ekki hægt að álykta að gjaldið renni óskipt til kolefnisjöfnunar.

Annars staðar á Norðurlöndum er kolefnisgjaldið hærra, frá um 2.900 kr/tonn í Danmörku upp í 15.400 kr/tonn í Svíþjóð. Finnland og Noregur eru þar á milli með um 5.500-6.600 kr/tonn. Verð voru gefin upp í dollurum og var þeim breytt í íslenskar krónur samkvæmt miðgengi Seðlabanka Íslands 4. 11. 2016. Þau opinberu gjöld sem sett hafa verið ná yfir um 4% af heildarútbæstri þjóða heims (The World Bank, 2015).

Önnur leið er að skoða verð á mengunarheimildum samkvæmt svokölluðu „cap and trade“ fyrirkomulagi. Þá kaupa fyrirtæki heimildir til þess að menga á markaði. Nokkur slík kerfi eru við lýði í dag, helst í Evrópu og Bandaríkjunum, en einnig í Asíu. Þau ná yfir um 8 % af heildarútbæstri þjóða heims á koldíoxíði og verðið á hverju tonni er um 200 til 1.400 kr, en verðið á EU ETS (kolefnismarkaði Evrópusambandsins) síðastliðið ár var um 4,5 - 6,5 evrur um 1000 kr./tonn (investing.com, 2017; The World Bank, 2015).

3.2.3.3 Umhverfiskostnaður sem ekki er tekið tillit til

Almennt þarf að taka tillit til alls kostnaðar vegna umhverfisáhrifa af framleiðslu vöru ef verð hennar á að endurspeglar heildarkostnað við framleiðslu. Ekki er vitað hvort öll umhverfisáhrif eru innifalin í heildarframleiðslukostnaði bíla og þar af leiðandi í innkaupsverði. Af þessu gæti stafað björgun á mati á þjóðhagslegum heildarkostnaði. Meiri útblástur koldíoxíðs fylgir framleiðslu rafbíla en bensínbíla. Þessi aukaútbástur ætti að endurspeglast í innkaupsverði bílanna ef rétt væri reiknað. Ekki fundust upplýsingar um hvort kostnaður af þessu er innifalinn í framleiðslukostnaði, en það verður að teljast ólíklegt. Þjóðhagslegur kostnaður rafbíla er því líklega vanmetinn að þessu leyti. Ekki er

líklegt að sú þjöggun sem af hlýst hafi afgerandi áhrif á verð bílanna og niðurstöður greiningarinnar. Hægt er að tína til fleiri dæmi um þjóðhagslegan kostnað sem ólíklegt er að komi fram í innkaupsverði bíla. Mengunarkostnaður vegna flutnings bílanna til landsins er eitt dæmi. Þar sem hér er verið að skoða mun á heildarkostnaði rafbíls og bensínbíls og flutningsvegalengdir jafnast sennilega út hefur mengunarkostnaður vegna flutninga líkast til ekki áhrif á kostnaðarmun bílanna.

3.2.4 Hljóðmengun

Rafbílar eru hljóðlátari en bensínbílar. Það getur bæði verið kostur og galli. Hávaði frá umferð truflar marga og húsnæðisverð nálægt stórum umferðargötum er gjarnan lægra en verð sambærilegra eigna fjær stórum umferðargötum. Einnig er hægt að aka nær húsum og jafnvel inn í þau á rafbílum án þess að mikil truflun verði. Aftur á móti gæti umferðaróhöppum fjölgað vegna þess að fólk varar sig síður á hljóðlátum rafbílum en bensínbílum, að minnsta kosti meðan það er að venjast.

Til eru athuganir þar sem áhrif hávaða frá umferð á fasteignaverð eru skoðuð. Niðurstöður sýna að hávaðinn þókar verðinu niður á við (Nelson, 1982; Wilhelmsson, 2000). Í þessari greiningu er kostnaður vegna hljóðmengunar í íbúahverfi áætlaður með hliðsjón af athugun US Roads (1997) á áhrifum umferðarhávaða á fasteignaverð. Gert er ráð fyrir að meðalökuhraði sé 50 km/klst. Áætlaður kostnaður yfir nýtingartíma ökutækis miðað við 13.000 km akstur á ári, gengi 66,74 ISK/USD (miðgengi Seðlabanka Íslands 3. janúar 1997) og 2,4 földun almenns verðlags frá árinu 1997 (vísitala neysluverðs frá Hagstofu Íslands) er um 9.200kr á verðlagi 2016. Ef þéttbýlla svæði er tekið fyrir eða umferðarhraði aukinn eykst þessi kostnaður. Þetta mat á áhrifum hávaða er gróft og háð mikilli óvissu. Aukin slyshætta vegna þess að fólk heyrir síður í rafbílum kemur á móti ónæði vegna hávaðans að einhverju leyti. Þá eru rafbílar ekki alveg hljóðlausir, svo að taka þyrfti tillit til umframhljóðmengunar bensínbíla, en ekki beinnar hljóðmengunar þeirra. Þessi umframhljóðmengun ætti að vera minni en sú áætlaða upphæð sem reiknuð er út hér. Þessi áætlaða upphæð er höfð með í greiningunni hér en með fyrirvara um óvissu og að heildaráhrif hljóðmengunar kunni að vera ofmetin vegna fyrrgreindra atriða.

3.3 Annað sem hefur áhrif á fýsileika raf- eða bensínbíla en kemur ekki inn í greiningu

Þar sem ódýrara er að reka rafbíla en bensínbíla má leiða líkur að því að umferð um vegakerfið muni aukast ef þeim fjölgar. Til að halda sama umferðarþunga þyrfti því uppbyggingu í vegakerfi. Með aukinni umferð fylgja önnur vandamál eins og aukin slyshætta og meira svifryk. Á móti kemur að nýtjar þeirra sem eiga rafbíl aukast með fleiri eknum kílómetrum. Einnig myndi slyshætta vegna flutnings og dreifingar á bensíni minnka með færri bensínbílum. Enn fremur minnkar áhætta á að lokuð rými fyllist af óæskilegu gasi og almennt yrði mengun í nærumhverfi minni, að svifryki undanskildu.

Enn sem komið er dregur rafbíll ekki eins langt og sambærilegur bensínbíll. Einkum kvarta eigendur ódýrra rafbíla yfir því að þeir dragi stutt þegar kalt er í veðri og nota þarf miðstöðina. Kílómetrafjöldi sem gefinn er upp á mæli rafmagnsbíls gefur oft og tíðum ónákvæma hugmynd um hvað komast má langt á bílnum – og það getur verið óþægilegt.

Verra er að verða rafmagnslaus en bensínlaus. Ef ökumaður verður bensínlaus getur hann komið sér á næstu bensínstöð og fengið lítra eða tvo með sér í brúsa og ekið strax af stað í kjölfarið. Sá sem verður rafmagnslaus þarf að koma bílnum sjálfum í hleðslu, nema einhverskonar færanleg rafgeymaþjónusta líti dagsins ljós. Þá tekur einungis tvær til þrjár mínútur að fylla bensínbíl af eldsneyti á meðan nokkrar klukkustundir tekur að hlaða rafbíl í fulla hleðslu, ef ekki er hlaðið á hraðhleðslustöð. Hraðhleðslustöðvar hafa til skamms tíma verið fáar og sums staðar er þar aðeins ein innstunga þangað að nokkurn tíma getur tekið að bíða eftir hleðslu. Margir hafa ekki aðstöðu til að hlaða bíla sína heima við (sérstaka uppbyggingu þyrfti við fjölbýlishús til dæmis) og því þyrfti einnig að fjölga hleðslumöguleikum þar sem bílnum er lagt yfir nótt. Lítil drægni ódýrra rafmagnsbíla og fáar hleðslustöðvar torvelda akstur rafbíla utan þéttbýlis. Notkunarmynstur ræður miklu um það hve mikið óhagræði hlýst af þessum takmörkunum rafbíla.

Þar sem takmörkuð reynsla er komin á rafbíla á götunum ríkir enn mikil óvissa um endingu þeirra, viðhaldspörf og fleira, en þessi óvissa hræðir fólk frá því að fjárfesta í rafbílum. Erfiðleikar af þessu tagi fara minnkandi en ekki nógu hratt að sumra dómi. Ekki var farið í að meta þau atriði sem talin hafa verið upp í þessum kaflahluta.

3.4 Um orkuöryggi og gjaldeyrissparnað

Þjóðir ættu ekki að sleppa því að eiga viðskipti við önnur lönd til þess eins að þurfa ekki að kaupa erlendan gjaldeyri. Í eðlilegu árferði þegar gjaldeyrismarkaðir virka vel ætti gjaldeyrissparnaður ekki að vera markmið í sjálfu sér. Ýmiss konar öryggi kann að hljóma eftirsóknarvert, fæðuöryggi, orkuöryggi eða annarskonar öryggi sem við öðlumst með því að nota eigin framleiðslu í stað þess að flytja inn og vera þar með óháðari innflutningi. Líklegt er hinsvegar að ávinningur af þessu öryggi falli í skuggann af óhagræðinu af því að notfæra sér ekki kunnáttu og getu annarra þjóða sem eru betri í að framleiða tilteknar vörur heldur en Íslendingar (hafa hlutfallslega yfirburði). Þetta á jafnt við um orkuframleiðslu og framleiðslu á matvælum, bifreiðum, tölvum og öðrum nauðsynja- og neysluvörum. Ef aðrar þjóðir eru betri í að framleiða eldsneyti, í hvaða formi sem það er, ætti Ísland að eiga viðskipti við þær þjóðir, alveg eins og Ísland á í viðskiptum við þjóðir sem framleiða vörur sem við teljum nauðsynlegar eins og ýmiskonar matvæli, bifreiðar og tölvur. Líklega þætti fáum það gáfuleg hugmynd að hefja framleiðslu bifreiða hér á landi til þess eins að þurfa ekki að flytja þær inn.

Vissulega geta komið upp aðstæður þar sem það að er mikilsvert að vera óháður innflutningi, t.d. á orku. Ef þjóðin missir mikinn trúverðugleika erlendis þannig að erlendir seljendur telja ekki tryggt að þeir fái greitt fyrir vörur sínar gæti sú staða komið upp að vöruflutningum til landsins, til dæmis olíuflutningum, yrði teflt í tvísýnu. Við slíkar aðstæður er mikils virði að vera ekki háð innflutningi á orku. Ekki var lagt mat á virði þessara þátta í greiningunni heldur lögð áhersla á eðlilegt árferði eins og það blasir við okkur um þessar mundir. Til þess að geta lagt fjárhagslegt mat á til dæmis virði orkuöryggis í því tilfelli þegar seljendur telja ekki tryggt að þeir fái greitt, þarf bæði að meta til fjár tjón samfélagsins af olíuskorti og líkurnar á slíkum atburði. Það er utan umfangs þessarar greiningar og var því ekki gert.

4 Yfirlit yfir þá bíla sem voru til skoðunar

Í töflu 4-1 má finna yfirlit yfir þá bíla sem voru til skoðunar og eiginleika þeirra. Ákveðið var að Nissan Leaf og sambærilegir bensínbílar frá Nissan yrðu í forgrunni vegna þess að Nissan Leaf er mest seldi rafbíllinn á Íslandi um þessar mundir (Samgöngustofa, 2016a).

Til hliðsjónar er Volkswagen eGolf og sambærilegar bensínknúnar Golf bifreiðar (VW Golf Trendline). Upplýsingar um hestöfl, hleðslu, gírskiptingu, mál og listaverð voru fengnar frá umboðum (Hekla hf., 2016; Nissan á Íslandi, 2016b). Upplýsingar um eyðslu og útblástur koldíoxíðs voru fengnar frá Umhverfisverndarstofnun Bandaríkjanna (EPA, 2016). Innkaupsverð var fengið með reiknivél fyrir skatta og opinber gjöld af innfluttum vörum á heimasíðu tollstjóra.

Nissan Leaf Visia og Nissan Leaf Acenta eru alveg sambærilegir nema Leaf Acenta er með stærri rafhlöðu. Notast var við Nissan Leaf Visia í öllum útreikningum.

Tafla 4-1. Yfirlit yfir þá bíla sem teknir voru til skoðunar.

	Hest- öfl	Hleðsla (kWst)	Eyðsla (kWh/km; l/km)	CO₂ (g/km)	Skipt- ing	Mál (L*B*H) (cm)	Listaverð (þús. kr)	Innkaupsverð (þús. kr)
Nissan Leaf Visia	109	24	0,185	0	1 gír	445*177*155	3.490	3.490
Nissan Leaf Acenta	109	30	0,185	0	1 gír	445*177*155	3.790	3.790
Nissan Note	98		0,0688	161	Sjálfsk.	410*170*153	2.990	2.100
Nissan Pulsar Visia	115		0,078	170	Beinsk.	439*177*152	2.890	2.030
Nissan Pulsar Acenta	115		0,0731	184	Sjálfsk.	439*177*152	3.190	2.240
VW eGolf	115	24	0,180	0	1 gír	427*179*147	4.150	4.150
VW Golf Trendl.	125		0,0778	188	Beinsk.	426*179*145	3.340	2.370
VW Golf Trendl.	125		0,0778	188	Sjálfsk.	426*179*145	3.580	2.510

5 Niðurstöður

Í þessum kafla er farið yfir niðurstöður útreikninga á þjóðhagslegum heildarkostnaði rafbíla og sambærilegra bensínbíla og kostnaður borinn saman. Sett er fram grunntilvik þar sem forsendur útreikninga eru hafðar sem eðlilegastar og í kjölfarið er sýndur kostnaður á hvern ekinn kílómetra eftir því hvaða bíl um ræðir og hvaða kostnaður er tekinn með í reikninginn. Ekki er alltaf augljóst hvaða forsendur teljast eðlilegar. Af þeim sökum er í kjölfarið sett fram næmisgreining þar sem skoðuð eru hvernig breytingar í forsendum breyta niðurstöðunni. Fyrst er kannað hvernig hver forsenda fyrir sig þarf að breytast til að heildarkostnaður rafbíls og bensínbíls verði sá sami. Því næst er forsendum stillt þannig upp að þær séu annaðhvort hagstæðar eða óhagstæðar rafbíl þannig að besta og versta raunhæfa tilfelli fæst. Að lokum er reynt að varpa ljósi á áhrif rafbílavæðingar fólksbílaflotans á orkuþörf, aflþörf og útblástur koldíoxíðs.

Tengiliður hjá umboði mat Nissan Pulsar sem þann bensínbíl sem væri líkastur Nissan Leaf. Þess vegna var Nissan Leaf fyrst og fremst borinn saman við beinskiptan og sjálfskiptan Nissan Pulsar. Þó að segja megir að rafbílar líkist mest sjálfskiptum bílum er beinskipt útgáfa einnig höfð með vegna þess að sumir taka beinskipta bíla fram yfir sjálfskipta. Nissan Note var hafður til hliðsjónar við gerð greininga. Sá bíll er aðeins minni en Nissan Leaf. Tölur fyrir VW Golf eru að nokkru leyti hinar sömu og fyrir Nissan bílana. Niðurstöður fyrir VW Golf eru hafðar til hliðsjónar til að gefa fyllri mynd, en samanburður Nissanbílanna er í forgrunni.

5.1 Grunntilfelli

Í töflu 5-1 má sjá þau gildi sem gert er ráð fyrir að forsendur taki í grunntilfelli. Endingartími bíls er 15 ár og eknir eru 13.000 km árið 2016 í samræmi við tölur frá Samgöngustofu um meðalakstur fólksbíla en akstur minnkar um 0,2% að meðaltali á ári samkvæmt akstursspá Orkuspárnefndar. Bensínverð er 83,18 kr/l með 4,6% árlegum raunvexti og raforkuverð er 11,79 kr/kWst sem vex að raungildi um 2% á ári. Afvöxtun er 5% og kolefnisverð er 2.050 kr/tonn CO₂ þar sem gert er ráð fyrir að kolefnisjöfnun sé náð með endurheimt votlendis og uppgræðslu lands. Viðhaldskostnaður miðast við kostnað

við ástandsskoðanir og viðgerðakostnað umfram ástandsskoðanir hjá bensínbílum. Niðurstöður grunntilfellis má svo sjá í töflu 5-2 og mun á heildarkostnaði bílanna má sjá í töflu 5-3, ásamt niðurstöðum tilfella þar sem nokkrum forsendum er breytt.

Tafla 5-1. Samantekt á forsendum grunntilfellis.

Forsenda	Gildi	Vöxtur/minnkun (%/ári)
Endingartími bíls	15 ár	
Akstur á ári	13.000 km	-0,2% á ári
Bensínverð	83,18 kr/l	4,6% á ári
Raforkuverð	11,79 kr/kWst	2,0% á ári
Afvöxtun	5%	
Kolefnisverð	2.050 ISK/tonn CO ₂	

Tafla 5-2. Núvirtur heildarkostnaður bílanna þriggja í grunntilfelli yfir líftíma þeirra í íslenskum krónum. Heildarkostnaður er námundaður að 1.000 krónum.

Kostnaðarliður	Nissan Leaf	Nissan Note	Nissan Pulsar beinsk.	Nissan Pulsar sjálfsk.	VW eGolf	VW Trendline beinsk.	VW Trendline sjálfsk.
Innkaupsverð	3.490.000	2.100.000	2.030.000	2.240.000	3.950.000	2.370.000	2.510.000
Orkukostnaður							
Rafmagn	335.413				326.348		
Bensín		1.074.218	1.217.863	1.141.356		1.214.740	1.214.740
Árlegar skoðanir	273.134	557.282	557.282	557.282	273.134	557.282	557.282
Viðgerðir		278.175	278.175	278.175		278.175	278.175
Rafhlöðuskipti	473.788				473.788		
Kolefniskostnaður		43.882	50.151	46.335		51.242	51.242
Hávaðamengun		9.208	9.208	9.208		9.208	9.208
Heildarkostnaður	4.572.000	4.063.000	4.143.000	4.272.000	5.023.000	4.481.000	4.621.000

Tafla 5-3. Yfirlit yfir mun á heildarkostnaði bíla eftir mismunandi forsendum varðandi árlegan akstur, bensínverð og rafhlöðuskipti. Tölur eru í þúsundum króna og hlutfall mismunar af heildarkostnaði viðkomandi rafbíls eru í prósentum í sviga. Jákvæðar tölur merkja að rafbíllinn er dýrari, neikvæðar að hann sé ódýrari.

	Leaf og sjálfsk. Pulsar	Leaf og beinsk. Pulsar	eGolf og sjálfsk. Trendl.	eGolf og beinsk. Trendl.
Forsendur eins og í grunntilfelli	300 (7,0)	430 (10,4)	403 (8,7)	543 (12,1)
15.000 km 2016 og minnkar árlega um -0,2%	167 (3,8)	285 (6,6)	257 (5,3)	397 (8,4)
Fast bensínverð	362 (8,6)	496 (12,2)	469 (10,3)	609 (13,8)
Án rafhlöðuskipta	-174 (-4,1)	-44 (-1,1)	-71 (-1,5)	69 (1,5)

Eins og sést í töflu 5-3 er Nissan Leaf 300 þús. kr dýrari en sjálfskiptur Nissan Pulsar en um 430 þús. kr. dýrari en beinskiptur Nissan Pulsar. Rafbíllinn er því um 7,0% dýrari en sjálfskiptur bensínbíl og 10,4% dýrari en beinskiptur. Ef miðað er við 15.000 km akstur á ári árið 2016, sem minnkar um 0,2% á ári, minnkar munur á heildarkostnaði Nissan bílanna og er hann um 167 þús. kr miðað við sjálfskiptan bensínbíl (3,8%) og 285 þús. kr miðað við beinskiptan (6,6%). Einnig er kannað hvernig niðurstaða breytist ef meðalverð bensíns síðustu 10 ár er notað (í stað þess að miða við meðalverð 2016 og spá um 4,6% raunhækkun á ári). Niðurstaðan breytist ekki mikið, munurinn á Nissan Leaf og sjálfskiptum Nissan Pulsar er nú 362 þús. kr og munurinn á Leaf og beinskiptum Pulsar er nú 496 þús. kr. Hlutfall kostnaðarmunar af heildarkostnaði bensínbíls breytist lítið, sama gildir um Golf bílana. Að lokum er kannað hve mikið niðurstaða breytist ef ekki er skipt um rafhlöðu. Athygli vekur að verulega dregur saman með heildarkostnaði bílanna og nú eru rafbílarnir almennt ódýrari en bensínbílarnir. Eina undantekningin er beinskiptur Golf sem er enn ódýrari en eGolf.

5.2 Kostnaður við hvern ekinn kílómetra

Í töflu 5-4 má sjá kostnað við hvern ekinn kílómetra yfir notkunartíma bíla eftir því hvaða kostnaður er tekinn með í reikninginn. Í efstu línu má sjá kostnað ef aðeins eldsneytiskostnaður er tekinn með, í þeirri næstu ef allur rekstrarkostnaður er tekinn með, í þriðju allur rekstrarkostnaður að rafhlöðuskiptum undanskildum, í fjórðu allur kostnaður og í neðstu línu má sjá kostnað á hvern ekinn kílómetra þegar allur kostnaður er tekinn með fyrir utan rafhlöðuskipti. Kostnaður við hvern ekinn kílómetra er meiri fyrir Nissan Leaf en Nissan Pulsar ef allur kostnaður er tekinn með í reikninginn, en dæmið snýst við ef rafhlöðuskipti eru undanskilin (þó munar ekki miklu). Kostnaður við Leaf er svo umtalsverðu lægri ef einungis rekstrarkostnaður er tekinn með. Þessar tölur endurspeglar hátt innkaupsverð rafbíls en lágan rekstrarkostnað hans.

Tafla 5-4. Kostnaður við hvern ekinn kílómetra í krónum miðað við eldsneytiskostnað, allan rekstrarkostnað og heildarkostnað yfir líftíma bílsins með og án rafhlöðuskipta.

	Leaf	Pulsar sjálfsk.	Pulsar beinsk.	eGolf	Trendline sjálfsk.	Trendline beinsk.
Eldsneytis- kostnaður	1,75	5,95	6,35	1,70	6,33	6,33
Allur rekstrar- kostnaður	5,64	10,30	10,70	5,59	10,68	10,68
Allur rekstrar- kostnaður án rafhlöðuskipta	3,17	10,30	10,70	3,12	10,68	10,68
Heildar- kostnaður	23,83	22,26	21,59	26,17	24,08	23,35
Heildar- kostnaður án rafhlöðuskipta	21,36	22,26	21,59	23,71	24,08	23,35

5.3 Næmisgreining

5.3.1 Stakar forsendur

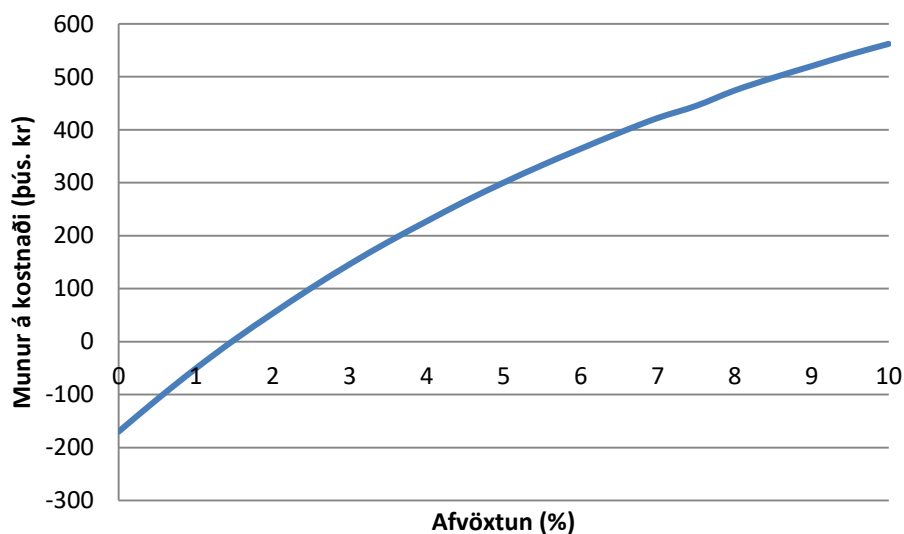
Í þessum kafla verður kannað hve mikið stakar forsendur þurfa að breytast þannig að Nissan Leaf verði jafndýr og sjálfskiptur Nissan Pulsar (sá bensínbíll sem er líkastur Leaf), að öðrum forsendum óbreyttum. Fyrsti dálkurinn í töflu 5-5 sýnir upprunalegar forsendur í grunntilfelli, annar dálkurinn sýnir hvaða gildi viðkomandi forsenda þarf nú að taka til að rafbíllinn sé jafndýr og síðustu tveir dálkarnir sýna breytingu á magni/verði og hlutfallslega breytingu.

Tafla 5-5. Yfirlit yfir hvernig stakar forsendur, að öðrum forsendum óbreyttum, þurfa að breytast til að rafbíll verði jafn dýr og sjálfskiptur bensínbíll.

Forsenda	Grunndæmi	Gildi sem breyta þarf að taka	Breyting	Hlutfallsleg breyting (%)
Endingartími bíls (ár)	15	18,5	+3,5	+23
Akstur á ári 2016 minnkar um 0,2% á ári (km)	13.000	17.500	+4.500	+35
Hækkun bensínverðs (%/ári)	4,6	7,6	+3,0	
Hækkun raforkuverðs (%/ári)	2,0	-55	-53	
Afvöxtun (%)	5	1,5	3,5	
Kolefnisverð (kr/tonn CO ₂)	2.050	15.300	+13.250	+650
Aukið viðhald bensínbíls umfram ástandsskoðanir (ISK/ári)	26.800	55.500	+28.700	+107
Innkaupsverð rafbíls (ISK)	3.490.000	3.190.000	300.000	-8,6

Endingartími og akstur á ári hafa svipuð áhrif, báðar breytur leiða til meiri heildaraksturs á notkunartíma sem minnkar muninn á milli rafbíls og bensínbíls. Hér þurfa bílar að endast þremur og hálfu ári lengur en þau 15 ár sem gert er ráð fyrir að þeir endist í grunntilfelli og aka þarf um 35% lengri vegalengd á ári.

Hærra bensínverð og lægra raforkuverð draga einnig úr mun á kostnaði bílanna. Bensínverð þarf að hækka um 7,6% í stað 4,6% og raforkuverð þarf um að rúmlega helmingast á hverju ári ef jafna á kostnað bílanna með lækkun annarsvegar bensínverðs og hins veggjar raforkuverðs. Hærri afvöxtun gerir minna úr kostnaði sem fellur til seint á nýtingartíma. Kostnaður á ári hverju er meiri fyrir bensínbíl en rafbíl (á móti er innkaupsverð rafbíl nokkuð hærra), svo að lægri afvöxtun leiðir til minni munar á kostnaði. Hér þarf afvöxtun að vera 1,5% til þess að bílarnir verði jafndýrir. Áhrif afvöxtunar á niðurstöðu má sjá á mynd 5-1. Hærra kolefnisverð, meiri viðhaldskostnaður bensínbíls og lægra innkaupsverð rafbíls leiða svo til þess að minna munar á heildarkostnaði bílanna. Innkaupsverð rafbíls þarf að lækka um u.þ.b. 12% til þess að heildarkostnaður rafbíls og bensínbíls sé sá sami.



Mynd 5-1. Munur á kostnaði rafbíls og bensínbíls sem fall af afvöxtun.

5.3.2 Besta og versta raunhæfa útkoma fyrir rafbíl

Í þessum kafla er kannað hvernig heildarkostnaður bíla breytist ef margar forsendur breytast í einu, annars vegar þannig að aðstæður fyrir rafbíl verði hagstæðar miðað við

bensínbíl og hinsvegar þannig að aðstæður verði óhagstæðar. Í töflu 5-6 má sjá þær forsendur sem gert er ráð fyrir að gildi (ásamt forsendum grundilfellis til samanburðar), í töflu 5-7 má sjá niðurstöður fyrir heildarkostnað Nissan Leaf, sjálfskiptan Nissan Pulsar og beinskiptan Nissan Pulsar og í töflu 5-8 má svo sjá mismun heildarkostnaðar miðað við Nissan Leaf. Einnig var skoðaður heildarkostnaður fyrir VW Golf en hann fylgdi sama mynstri og er ekki birtur hér. Til einföldunar var gert ráð fyrir að endingartími og afvöxtun væri eins í öllum tilfellum. Breytingar í endingartíma og meðalakstri á ári hafa svipaðar afleiðingar og búið er að gera grein fyrir áhrifum breytinga á niðurstöðu vegna breytinga í afvöxtun.

Akstur á ári er annarsvegar í takt við það sem umboðsaðili Nissan á Íslandi miðar við vegna ástandsskoðana sem eru 15.000 km/ári (Nissan á Íslandi, 2016a) og hinsvegar meðalakstur bensínknúinna fólksbifreiða á Íslandi (Samgöngustofa, 2016b) með lækkun um 0,2% á ári í takt við spá Orkuspárnefndar (Orkuspárnefnd, 2016a). Bensínverð miðast við há- og lágtílvik spár EIA um þróun olíuverðs (U.S. Energy Information Administration (EIA), 2016a). Raforkuverð miðast annarsvegar við sömu forsendur og í grunntilfelli og hinsvegar að raforkuverð vaxi þannig að það verði jafnt meðalverði nokkurra orkufyrirtækja í Bretlandi. Eins og áður hefur komið fram er mögulegt að íslenska raforkuflutningskerfið verði tengt Bretlandi eða meginlandi Evrópu áður en 15 ár eru liðin, en líklegt er að við þá tengingu hækki raforkuverð á Íslandi þannig að það verði svipað raforkuverði á Bretlandi. Þar af leiðandi er í óhagstæðu tilfelli fyrir rafbíl gert ráð fyrir að raforkuverð hækki jafnt og þétt og verði jafnhátt raforkuverði á Bretlandi þar sem það hefur vaxið úr 20 kr./kWst, miðað við miðgengi Seðlabanka Íslands 30.11. 2016 (UK Power, 2016), um 2% að meðaltali á ári á skilgreindum nýtingartíma bílanna (National Grid, 2016; UK Government, 2016). Vöxtur raforkuverðs í óhagstæðu tilfelli fyrir rafbíl reiknast um 5,5% að meðaltali á ári. Kolefnisverð miðast annars vegar við að ekki verið farið í endurheimt votlendis heldur uppgræðslu lands og skógrækt og hins vegar að kolefnisútblástur yrði ekki verðlagður. Kostnaður með landgræðslu og skógrækt yrði um 5.000 kr/tonn CO₂ (vegið meðaltal miðað við tækifæri til bindingar). Viðhaldskostnaður bensínbíla umfram ástandsskoðanir er annars vegar 100.000 krónur í takt við mat FÍB á rekstrarkostnaði bensínbíla á ári (Félag íslenskra bifreiðaeigenda, 2016) og hinsvegar enginn. Að lokum er annars vegar gert ráð fyrir að ekki sé skipt um rafhlöðu að átta árum liðnum og hinsvegar að það sé gert.

Tafla 5-6. Forsendur fyrir tilfelli þar sem aðstæður eru annað hvort hagstæðar eða óhagstæðar fyrir rafbíl, ásamt grunntilfelli.

Forsenda	Hagstætt rafbíl	Grunntilfelli	Óhagstætt rafbíl
Akustur á ári árið 2016 (km)	15.000	13.000 með 0,2% lækkun á ári	11.000
Bensínverð (kr/l)	83,18 og 9,3% verðhækkun á ári	83,18 og 4,6% verðhækkun á ári	83,18 og 0,9% verðlækkun á ári
Raforkuverð (kr/kWst)	11,79 og hækkar um 2,0% á ári	11,79 og hækkar um 2,0% á ári	11,79 og hækkar um 5,5% á ári
Kolefnisverð (kr/tonn CO ₂)	3.390 (uppgræðsla og skógrækt)	2.050	0
Viðhaldskostnaður bensínbíla í viðbót við ástands-skoðanir (kr.)	100.000	26.800	0
Rafhlöðuskipti	Nei	Já	Já

Tafla 5-7. Heildarkostnaður bíla eftir því hvort aðstæður eru hagstæðar eða óhagstæðar rafbíl miðað við bensínbíl, ásamt niðurstöðum grunntilfellis. Upphæðir eru í þús. kr.

	Leaf	Pulsar sjálfsk.	Pulsar beinsk.
Hagstætt rafbíl	4.150	5.884	5.812
Grunntilfelli	4.572	4.272	4.143
Óhagstætt rafbíl	4.609	3.535	3.374

Tafla 5-8. Munur á heildarkostnaði bíla eftir því hvort aðstæður er hagstæðar eða óhagsætæðar rafbíl miðað við bensínbíl, ásamt niðurstöðum grunntilfellis. Upphæðir eru í þús. kr.

	Pulsar sjálfsk.	Pulsar beinsk.
Hagstætt rafbíl (þús. kr)	-1.734	-1.662
Grunntilfelli (þús. kr)	300	430
Óhagstætt rafbíl (þús. kr)	1.074	1.235

Eins og sjá má í töflum 5-7 og 5-8 hafa þessar forsendubreytingar mikil áhrif. Heildarkostnaður rafbíls er um 1,7 milljónum króna lægri en sambærilegs sjálfskipts bensínbíls þegar aðstæður eru honum hagfelldar, en um 1,1 milljón króna hærri þegar aðstæður eru honum óhagfelldar. Sveifla í kostnaði er því um 2,8 milljónir króna.

5.4 Áhrif skipta yfir í rafbíla

Í greiningunni hér að framan er einn stakur rafbíll borinn saman við bensínbíl, en ætla má að rafbílum geti fjölgað umtalsvert á næstu árum. Til fróðleiks eru því athuguð áhrif þess að allur fólksbílaflotinn myndi ganga fyrir rafmagni. Óvíst er hve hröð innleiðing rafbíla verður, en talið er að árið 2030 geti hlutur rafbíla í bílaflotanum verið frá tæplega 50% upp í rúm 90%, eftir því t.d. hve hátt bensínverð og innkaupsverð rafbíla verður (Shafiei o.fl., 2012). Reiknuð er áætluð orkuþörf á ári og aflþörf ef 50% og 70% bíla eru í hleðslu í einu (þ.e. reiknað er með samlögunarstuðli upp á 0,5 og 0,7) árið 2031, eða að 15 árum liðnum í samræmi við meðal nýtingartíma bíls á Íslandi í dag. Einnig var reiknað magn koldíoxíðs sem ekki myndi losna út í andrúmsloftið árið 2031 ef allur fólksbílaflotinn gengi fyrir rafmagni.

Gert er ráð fyrir að bifreiðum fjölgi frá árslokum 2015 í takt við miðspá Vegagerðarinnar um fjölgun bíla á Íslandi (Friðleifur Ingi Brynjarsson, 2013; Samgöngustofa, 2016a). Eyðsla rafbíla miðast við 2016 árgerð Nissan Leaf eða sömu forsendu og í greiningunni að framan. Með betri tækni má þó búast við því að rafbílarþurfi minna rafmagn, svo með tilliti til þess verður að skoða þetta gildi sem hágildi.

Í löndum Evrópusambandsins er gerð sú krafa að útblástur nýrra bensínfólksbíla sé ekki meiri en 0,130 kgCO₂/km og markmiðið er að ná þessu gildi niður í 0,95 kgCO₂/km fyrir árið 2021 (European Commission, 2017). Þess vegna er hér miðað við að meðalútbلاstur bensínbíla minnki úr 0,130 kgCO₂/km árið 2016 í 0,95 kgCO₂/km árið 2021 og haldist þannig næstu 10 ár. Meðalútbلاstur CO₂ á Íslandi í dag er um 0,130 kgCO₂/km og má reikna með svipaðri þróun hér og í löndum Evrópusambandsins (Orkusetur, 2017). Enn fremur er gert ráð fyrir að meðalakstur á ári falli úr 13.000 km/ári um 0,2% á ári í takt við spá Orkuspárnefndar um akstur (Orkuspárnefnd, 2016a; Samgöngustofa, 2016b). Miðað er við að afl í innstungu sé 3,0 kW, en það er í samræmi við þá forsendu að flestir hlaði heima hjá sér að næturlagi.

Ekki er tekið tillit til snjalllausna, fjölbreytts hleðslumynsturs eða annars sem hefur þau áhrif á hleðslu rafbíla að draga úr heildar aflþörf. Gert er ráð fyrir að mest aflþörf sé að nóttu til þegar flestir bílar eru í sambandi. Reiknuð aflþörf hér, með samlögunarstuðli upp á 0,5 og 0,7, verður því að skoðast sem hámarksaflþörf miðað við þær forsendur. Margir munu til dæmis hafa aðgang að hleðslu við vinnustað svo að ekki er líklegt að allir rafbilar verði í hleðslu á nákvæmlega sama tíma. Laggildi aflparfar er reiknað sem einfalt meðaltalsafl yfir árið þar sem heildarorkuþörf er deilt með fjölda klukkustunda á ári. Með þeim hætti fæst hámarksdreifing hleðslu og því lágmarksaflþörf.

Einnig er reiknaður heildarútbلاstur CO₂ sem sparast við það að skipta bensínbílum út fyrir rafbíla og kostnaður við að kolefnisjafna allan fólksbílaflotann í dag. Gert er ráð fyrir að kolefnisjöfnun náist með því að endurheimta það land sem áður var votlendi en er í lítilli beinni notkun í dag og það sem upp á vantar verði bundið með uppgræðslu lands. Þessar tvær aðferðir urðu fyrir valinu til að miða við vegna þess að þær eru taldar ódýrar, einfaldar og möguleiki er á að binda mikið magn. Upplýsingar um kostnað við aðferðirnar og möguleika á bindingu voru fengnar úr skýrslu Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands um loftslagsmál (Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2017) og kostnaðinn má sjá í efri hluta töflu 5-9. Því verður þó að halda til haga að ekki er um nettóbindingu gróðurhúsalofttegunda við endurheimt votlendis að ræða þar sem útstreymi metans frá mýrlendi vegur upp bindingu á CO₂ að einhverju leyti. Einnig þyrfti mögulega að fara í frekari virkjanaframkvæmdir til að knýja rafbíla og við það losnar líka CO₂, a.m.k. á byggingartíma.

Eins og nefnt var í kafla 3.2.3 um umhverfiskostnað eru ýmsar aðferðir til sem binda jafnmikið magn CO₂ og bílaflotinn lætur frá sér á ódýrari hátt en endurheimt votlendis og landgræðsla. Sumar skila jafnvel nettóábata. En með ódýrustu aðferðunum ergert ráð fyrir breyttu hegðunarmynstri og fleiru sem ekki er endilega hægt að treysta á. Þá er gert ráð fyrir að fjölgun hjólastíga leiði til þess að fleiri hjóli þannig að minna þurfi að fjárfesta í vegakerfinu og að það þurfi minna viðhald. Einnig er gert ráð fyrir að fólk kaupi sparneytnari bíla í meira mæli en gert er ráð fyrir o.s.frv. Minni óvissa er fólgin í aðgerðum eins og að moka ofan í skurði og græða upp land. Í neðri hluta töflu 5-9 má sjá yfirlit yfir þær aðferðir sem væri hægt að beita. Þær upplýsingar voru sömuleiðis fengnar úr loftslagsskýrslu Hagfræðistofnunar (Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2017). Eins og sjá má er kostnaður við þær minni en núll, að geymslu búfjáráburðar undanskilinni. Þar sem möguleikar á minnkun útblásturs með þeirri leið eru frekar litlir má gera ráð fyrir því, ef forsendur standast, að nettóávinningur felist í að beita þessum aðferðum í stað þess að endurheimta votlendi og græða land.

Tafla 5-9. Yfirlit yfir ódýrustu aðgerðir sem hægt er að ráðast í til að minnka útblástur CO₂. (Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2017).

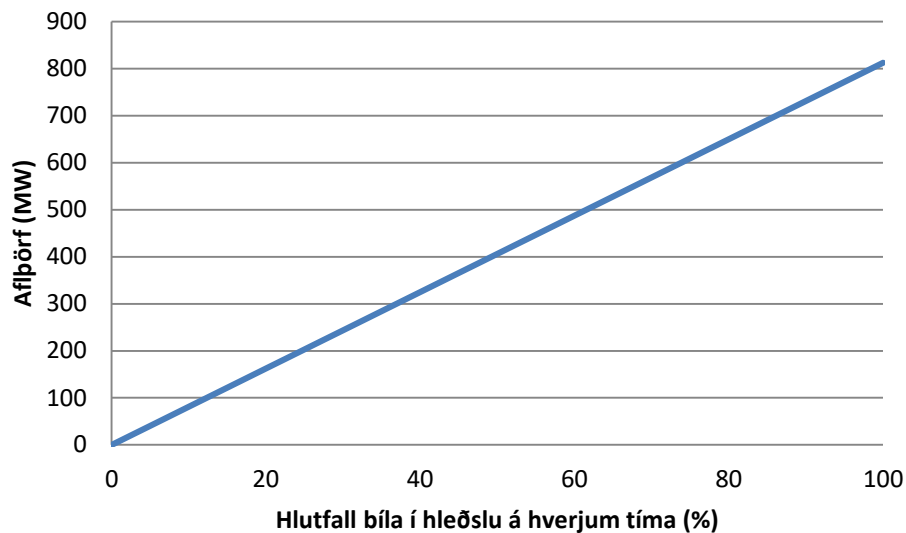
Geiri	Aðgerð	Kostnaður (kr)	Minnkun á útblæstri árið 2030 (þús. tonn)
Landbúnaður	Endurheimt votlendis	916	220
Landgræðsla	Landgræðsla 4x aðgerðhraði	2.743	401
Samgöngur	Ganga og hjólreiðar	-22.700	33
Samgöngur	Díselfólksbílar	-7.800	49
Úrgangur	Úrgangur	-4.432	70
Landbúnaður	Bætt nýting búfjáráburðar	-2.500	66,8
Samgöngur	Alkoholíblöndun	-2.180	18
Landbúnaður	Meðhöndlun mykju	-1.850	67
Stóriðja	Umbætur í áliðnaði	0	136
Landbúnaður	Geymsla búfjáráburðar	80	58

5.4.1 Niðurstöður

Aðrar forsendur útreikninga má sjá í efri hluta töflu 5-10. Niðurstöður má svo sjá í neðri hluta töflu 5-10. Orkuþörfin er um 632 GWst/ári árið 2031. Erfiðara er að meta aflþörf þar sem lítið er hægt að segja með vissu um hleðslumynstur. Ef gert er ráð fyrir hámarksdreifingu hleðslu er aflþörfin einungis um 72 MW. Sé hins vegar gert ráð fyrir að umtalsverður fjöldi rafbíla verði í hleðslu í einu verður aflþörfin á bilinu 406 MW (50% bíla í hleðslu) til 569 MW (70% bíla í hleðslu). Til að setja aukna aflþörf í samhengi má bera hana saman við virkjanir sem þegar eru í vinnslu. Sú aflþörf sem gert er ráð fyrir í lágmarki samsvarar um 10% af afli Kárahnjúkavirkjunar og aflþörf ef gert er ráð fyrir að 50% bíla sé í sambandi samsvarar tæplega 60% afli Kárahnjúkavirkjunar. Á mynd 5-2 má sjá hvernig aflþörf breytist með ólíku hlutfalli bíla sem eru í hleðslu á hverjum tíma.

Tafla 5-10. Forsendur fyrir útreikninga fyrir rafbílavæðingu og niðurstöður fyrir árið 2031.

Forsendur	Gildi		
Akstur á ári (km)	13.000 en minnkar um 0,2% að meðaltali á ári		
Eyðsla (kWst/km)	0,185		
Losunarstuðull (kg CO ₂ /km)	0,130 og lækkar í 0,095 árið 2021 og helst þannig		
Fjöldi bíla	226.321 árið 2015 en vaxi um 1,2% á ári til 2031		
Kostnaður per tonnCO ₂ (kr/tonnCO ₂)			
Endurheimt	916		
Landgræðsla		2743	
Vegið meðaltal			2049
Niðurstöður			
Orkupörf (GWst/ár)	632		
Aflþörf (MW)			
Lággildi	72		
SLS = 0,5		406	
SLS = 0,7			569
Minnkun á útblæstri (tonnCO ₂ /ár)	581.000		
Kostnaður (millj. kr)			
Endurheimt	532		
Landgræðsla		1.594	
Meðaltal			1.190



Mynd 5-2. Aflþörf sem fall af hlutfalli í bíla í hleðslu á hverjum tíma.

Verði allur fólksbílaflotinn rafvæddur má reikna með að um 580.000 tonn CO₂ losni ekki út í andrúmsloftið. Þar sem möguleikar á bindingu CO₂ með endurheimt votlendis eru einungis um 38% af því sem þarf að binda til að kolefnisjafna alla fólksbíla er reiknað með vegnu meðaltali kostnaðar vegna endurheimtar votlendis og landgræðslu. Einnig er sýnd niðurstaða ef eingöngu er notast við hvora aðferð fyrir sig. Verði það gert þarf að endurheimta land sem enn er í meira en lítilli notkun og setja enn meiri kraft í landgræðslu. Ef reiknað er með vegnu meðaltali kostnaðar við endurheimt votlendis og uppgræðslu kostar um 1,2 milljarða króna að kolefnisjafna alla fólksbíla árið 2031. Þessum reikningum verður að taka með miklum fyrirvara.

5.4.2 Áður útgefið efni

Nýlega kom út skýrsla á vegum Landsnets og VSÓ ráðgjafar um möguleg orkuskipti á Íslandi (2016). Þar er tekin saman möguleg aflþörf og sparnaður í losun koldíoxíðs miðað við mismunandi forsendur í aukningu rafbíla. Niðurstaða þeirrar greiningar fyrir orkuþörf alls fólksbílaflotans (utan bílaleigubíla), verði hann allur rafvæddur árið 2030, er um 848 GWst á ári. Aflþörfin er á bilinu 170 til 232 MW og koldíoxíð sem ekki losnar út í andrúmsloftið um 505.000 tonn CO₂ á ári (að fráðregnum útblæstri af nýjum virkjunum).

Magni CO₂ og orkuþörf ber ágætlega saman. Munur á orkuþörf helgast aðallega af því að í skýrslu Landsnets og VSÓ ráðgjafar er gert ráð fyrir um 10% fleiri bílum, að ekið sé um 2,5% lengri vegalengd á ári og að rafbílarnir eyði um 8% meira rafmagni. Reiknað er

með nokkru minni aflþörf en í þessari skýrslu, en í skýrslu Landsnets og VSÓ ráðgjafar er meðal annars gert ráð fyrir að snjalllausnum og annari tækni verði beitt í einhverjum mæli til að létta á aflþörf vegna hleðslu rafbíla.

Viðmælendaskrá

Leitað var ráða hjá nokkrum fagaðilum og þeim kann Hagfræðistofnun bestu þakkir fyrir hjálpina.

Loftur Ágústsson, markaðsstjóri hjá BL

Knútur Steinn Kárasen, vörustjóri hjá BL

Runólfur Ólafsson, framkvæmdastjóri hjá FÍB

Haraldur Ársælsson, vörustjóri hjá Heklu

Sunna Áskellsdóttir, héraðsfulltrúi hjá Landgræðslu ríkisins

Heimildaskrá

- Boardman, Grennberg, Vining og Weimer. (2014). *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*. Edinburgh: Pearsons.
- Brynhildur Davíðsdóttir, Ágústa Loftsdóttir, Bryndís Skúladóttir, Daði Már Kristófersson, Guðbergur Rúnarsson, Hreinn Haraldsson, . . . Þorsteinn Ingi Sigfússon. (2009). *Möguleikar til að draga úr nettóúttstreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi - Skýrsla Sérfræðinganefndar: Umhverfisráðuneytið*.
- EPA. (2016). Fuel economy - The official U.S. government source for fuel economy information. Sótt af <http://www.fueleconomy.gov/>
- European Commission. (2017). Reducing CO2 emissions from passenger cars. Sótt af http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en
- Félag íslenskra bifreiðaeigenda. (2016). Reksturskostnaður bifreiða - janúar 2016. Sótt af <http://www.fib.is/static/files/rekstrarkostnadir/rekbifjan2016rett.pdf>
- Friðleifur Ingi Brynjarsson. (2013). *Umferðarspá 2012 - 2060: Vegagerðin*. Sótt af http://www.vegagerdin.is/media/upplýsingar-og-utgafa/Spa_2012-2060.pdf
- Frumvarp til laga um umhverfis- og auðlindaskatta, Alþingi (2009).
- Hagfræðistofnun Háskóla Íslands. (2009). *Áhrif stóriðjuframkvæmda á íslenskt efnahagslíf*. Sótt af https://www.atvinnuvegaraduneyti.is/media/Rafræn_afgreidsla/2009-07-ahrif-storidjuframkvaemda-isl-efnahagslif.pdf
- Hagfræðistofnun Háskóla Íslands. (2017). Ísland og loftslagsmál (drög). In Brynhildur Davíðsdóttir (Ed.).
- Hagstofa Íslands. (2016). Vísitala neysluverðs, undirvísitölur frá 2002.
- Hekla hf. (2016). Volkswagen verðlisti. Sótt af http://www.hekla.is/static/files/efni/verdlistar/volkswagen_verdl.pdf
- investing.com. (2017). Carbon Emissions Futures - Historical Data. Sótt af <https://www.investing.com/commodities/carbon-emissions-historical-data>
- Jón Þorvaldur Heiðarsson. (2011). *Orkuskipti á fólksbílum á Íslandi - Þjóðhagslegt mat*. Akureyri: Rannsókn- og þróunarmiðstöð Háskólans á Akureyri.
- Landsnet og VSÓ ráðgjöf. (2016). *Möguleg orkuskipti á Íslandi - Samantekt á aflþörf og sparnaði í losun CO2 - Kerfisáætlun 2016-2025*. Sótt af [http://landsnet.is/library/Skrar/M%C3%B6guleg%20orkuskipti%20%C3%A1%20%C3%8Dslandi%20-%20samantekt%20%C3%A1%20afl%20%C3%BE%C3%B6rf%20og%20sparna%C3%B0i%20%C3%AD%20losun%20CO2%20\(002\).pdf](http://landsnet.is/library/Skrar/M%C3%B6guleg%20orkuskipti%20%C3%A1%20%C3%8Dslandi%20-%20samantekt%20%C3%A1%20afl%20%C3%BE%C3%B6rf%20og%20sparna%C3%B0i%20%C3%AD%20losun%20CO2%20(002).pdf)
- Lög um umhverfis- og auðlindaskatta, Alþingi (2015).
- Medlock, K. B. (2009). The economics of energy supply. Í J. Evans og L. C. Hunt (ritstj.), *International Handbook on the Economics of Energy*. Massachusetts: Edward Elgar Publishing Limited.
- National Grid. (2016). Future Energy Scenarios. Sótt af <http://fes.nationalgrid.com/fes-document/>
- Nelson, J. P. (1982). Highway Noise and Property Values. *Journal of Transport Economics and Policy*, 16(2), 117-138.
- Nissan á Íslandi. (2016a). Ábyrgð. Sótt af <http://nissan.is/abyrgd/>

- Nissan á Íslandi. (2016b). Nissan verðlisti vetur 2016. Sótt af <https://www.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/iceland/brochures/pricelist.pdf>
- Orka náttúrunnar. (2016). Heimili. Sótt af www.on.is/heimili
- Orkusetur. (2017). Eyðslu- og útblástursgildi. Sótt af <http://orkusetur.is/samgongur/tolfraedi/eydslu-og-utblastursgildi/>
- Orkuspárnefnd. (2016a). *Eldsneytisspá 2016-2050*: Orkustofnun. Sótt af <http://os.is/gogn/Skyrslur/OS-2016/OS-2016-02.pdf>
- Orkuspárnefnd. (2016b). *Eldsneytisspá 2016 - 2050*. Reykjavík: Orkustofnun.
- Samgöngustofa. (2016a). Bifreiðartölur 2015.
- Samgöngustofa. (2016b). Önnur tölfræði - Meðalakstur bifreiða. Sótt af <http://www.samgongustofa.is/umferd/tolfraedi/onnur-tolfraedi/>
- Shafiei, E., Thorkelsson, H., Ásgeirsson, E. I., Davidsdottir, B., Raberto, M. og Stefansson, H. (2012). An agent-based modeling approach to predict the evolution of market share of electric vehicles: A case study from Iceland. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(9), 1638-1653. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2012.05.011>
- Smarte Penger. (2016). El-bil. Sótt af <http://www.smartepenger.no/bilokonomi/98-bil/1999-el-bil>
- The World Bank. (2015). *State and Trends of Carbon Pricing*. Sótt af <http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/Climate/State-and-Trend-Report-2015.pdf>
- U.S. Energy Information Administration (EIA). (2016a). *Annural Energy Outlook 2016 with projections to 2040*. Sótt af [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2016).pdf)
- U.S. Energy Information Administration (EIA). (2016b). Frequently asked questions: How much carbon dioxide is produced by burning gasoline and diesel fuel? Sótt af <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=307&t=11>
- UK Government, D. o. E. C. C. (2016). *Updated energy and emssions projections 2015 (revised edition), Annex M: growth assumptions and prices*. Sótt af <https://www.gov.uk/government/publications/updated-energy-and-emissions-projections-2015>
- UK Power. (2016). Compare Electricity Prices. Sótt af https://www.ukpower.co.uk/home_energy/compare_electricity
- US Roads. (1997). Factors that Determine the Reduction in Property Values Caused by Traffic Noise. Sótt af <http://usroads.com/journals/p/rej/9710/re971004.htm>
- Veitur. (2016). Verðskrá - Raforkudreifing. Sótt af <https://www.veitur.is/verdskrar/rafveita>
- Wilhelmsson, M. (2000). The Impact of Traffic Noise on the Values of Single-family Houses. *Journal of Environmental Planning and Management*, 43(6), 799-815. doi:10.1080/0964056002000169
- Þingsályktun um eflingu græna hagkerfisins. (2012). In Fjármálaráðuneytið (Ed.).