



# MÖGULEG ORKUSKIPTI Á ÍSLANDI

## SAMANTEKT Á AFLPÖRF OG SPARNADI Í LOSUN CO<sub>2</sub>

KERFISÁÆTLUN 2016-2025



**VSÓ RÁÐGJÖF**

DESEMBER 2016

Nr. útg.	Dagsetning	Unnið	Yfirfarið	Samþykkt
Drög	9.12.2016	AM/GHS/SDJ	AM/GG	
1	23.12.2016	AM/GHS/SDJ/GG	AM/GG	AM

Landsnet-16062	Möguleg orkuskipti á Íslandi: Samantekt á aflþörf og sparnaði í losun CO <sub>2</sub> : Kerfisáætlun 2016-2025
----------------	---

## EFNISYFIRLIT

1	<b>Inngangur</b>	4
2	<b>Orkuskipti</b>	5
3	<b>Rafvæðing samgangna á landi</b>	6
3.1	Niðurstöður um aflþörf og sparnað í losun CO <sub>2</sub> vegna samgangna á landi árið 2030	6
3.2	Samgöngur á landi helstu forsendur	6
4	<b>Rafvæðing fiskimjölsverksmiðja</b>	8
4.1	Niðurstöður um orku-, aflþörf og sparnað í losun CO <sub>2</sub> vegna rafvæðingar fiskimjölsverksmiðja	8
4.2	Helstu forsendur útreikninga vegna fiskimjölsverksmiðja	8
5	<b>Frekari rafvæðing iðnaðar</b>	9
5.1	Niðurstöður um aflþörf og sparnað í losun CO <sub>2</sub> vegna orkuskipta í iðnaði	9
5.2	Helstu forsendur	9
6	<b>Garðyrkja</b>	10
6.1	Ylræktað grænmeti – niðurstöður um orku-, aflþörf og sparnað í losun CO <sub>2</sub>	10
6.2	Ylræktað grænmeti – helstu forsendur	10
6.3	Afskorin blóm niðurstöður um orku- og aflþörf	12
6.4	Afskorin blóm – helstu forsendur	12
7	<b>Landbúnaður</b>	12
8	<b>Rafvæðing hafna</b>	13
8.1	Niðurstöður um aflþörf og sparnað í losun CO <sub>2</sub> vegna rafvæðingar hafna	13
8.2	Rafvæðing hafna helstu forsendur	13
9	<b>Losun frá orkuframleiðslu</b>	15
10	<b>Skilgreining sviðsmynda um þróun raforkumarkaðar</b>	16
10.1	Samgöngur á landi í sviðsmyndum	19
10.2	Fiskimjölsverksmiðjur í sviðsmyndum	19
10.3	Tækifæri til orkuskipta í iðnaði	19
10.4	Aukin ræktun grænmetis innanlands	20
10.5	Rafvæðing hafna	20
10.6	Losun CO <sub>2</sub> frá virkjunum	21
11	<b>Heildarniðurstöður</b>	22
12	<b>Heimildir</b>	23

## 1 INNGANGUR

Í aðdraganda kerfisáætlunar Landsnets 2016-2025 var ákveðið að að kortleggja betur þörfina fyrir styrkingar á flutningskerfi raforku næstu árin og áratugin. Á frumstigum þarfagreiningarinnar varð ljóst að erfitt gæti verið að leggja mat á þörfina með mikilli nákvæmni, þar sem ekki eru allir á eitt sáttir hvert skuli stefna í orkumálum þjóðarinnar.

Því var ákveðið að fara sömu leið og margar nágrennþjóðir okkar hafa gert og skilgreina ólíkar sviðsmyndir fyrir framtíðina. Við skilgreiningu á þessum sviðsmyndum var meðal annars ákveðið að horfa til væntinga markaðsaðila.

Einnig var ákveðið í ljósi umræðu um loftslagsmál og boðaðar aðgerðir til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda að kortleggja hvaða möguleikar væru fyrir hendi til að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis með því að skipta yfir í raforku og hvaða áhrif það gæti haft á kröfur um raforkuframleiðslu og orkuflutning.

Í þeim tilgangi var ráðist í það að safna saman fyrirliggjandi gögnum um möguleg orkuskipti, reikna út orkuþörf og út frá því að áætla aflþörf og mögulegan sparnað í losun á gróðurhúsalofttegundum. Niðurstaðan, sem tekin er saman í þessari skýrslu, er síðan notuð sem innlegg í sviðsmyndagreiningu vegna kerfisáætlunar Landsnets fyrir tímabilið 2016-2025. Við sviðsmyndagreininguna var ákveðið að sjóndeildarhringur skilgreindra sviðsmynda næði til ársins 2030 og því miðast öll gögn í þessari samantekt við spár og áætlanir fyrir það ár.

Greining á orkuskiptum var unnin af Auði Magnúsdóttur, Grétu Hlín Sveinsdóttur og Sigríði Droplaugu Jónsdóttur hjá VSÓ Ráðgjöf og Gný Guðmundssyni hjá Landsneti með aðstoð ýmissa sérfræðinga. Bestu þakkir fá Guðni Elísson og Sigurður Ingi Friðleifsson og Steinar Ríkharðsson fyrir aðstoð og hvatningu.

## 2 ORKUSKIPTI

Umræða um orkuskipti hefur farið vaxandi að undanfögnu. Fullnægjandi raforkuinnviðir eru ein af lykilforsendum þess að orkuskipti geti farið fram og því telur Landsnet tilefni til að taka tillit til þeirra við sína kerfisútreikninga. Orkuskipti fela það í sér að í stað þess að vélar og katlar brenni jarðefnaeldsneyti eru þau keyrð á raforku sem fengin er með virkjun endurnýjanlegra orkugjafa. Orkuskipti auka því aflþörf samfélagsins frá endurnýjanlegum orkugjöfum en draga á móti úr losun gróðurhúsalofttegunda.

Efitt er að leggja mat á hvort af öllum þeim mögulegu orkuskiptum sem hér er lýst verður og eins með hvaða hraða það gerist. Við sviðsmyndagreininguna var lagt af stað með þá sýn að í framtíðinni yrði meiri áhersla lögð á notkun rafmagns sem framleitt er með endurnýjanlegum orkugjöfum í stað jarðefnaeldsneytis og að einhvers konar takmarkanir yrðu settar á notkun jarðefnaeldsneytis, s.s. með losunargjöldum eða sköttum.

### Við samantektina var horft til eftirfarandi þátta:

- Fólksbifreiðar, sendibílar, strætisvagnar og vöruflutningabifreiðar verði knúnar rafmagni í stað jarðefnaeldsneytis.
- Bílaleigubílar og hópferðabílar á vegum ferðapjónustunnar verði knúnar rafmagni í stað jarðefnaeldsneytis.
- Rafvæðing fiskmjölsverksmiðja verði lokið.
- Rafmagn komi að einhverju leyti í stað jarðefnaeldsneytis í iðnaði.
- Tenging skipa í höfnum verði við raforkukerfi svo ekki þurfi að brenna jarðefnaeldsneyti á meðan skip er í höfn.

Pegar lagt var af stað með þetta verkefni var horft til þess hvað aukin krafa um umhverfisvitund gæti leitt af sér sem þýddi aukna raforkuþörf. Umræða um að kaupa matvæli úr héraði (locally grown) er talsverð bæði héraðs sem erlendis og er ástæðan að hluta til sú að með því að kaupa matvæli úr héraði sparast losun CO<sub>2</sub> vegna flutninga. Á Íslandi er ennfremur tækifæri til að rækta grænmeti með mun minni umhverfislegum tilkostnaði en þar sem grænmeti er ræktað með tilstuðlan jarðefnaeldsneytis. Af þeim sökum var ákveðið að kanna hvað það myndi þýða í aflþörf ef Ísland yrði sjálfbært í ræktun á tómötum, gúrkum, salati, papriku og afskornum blómum. Það þýddi aukna ræktun innanlands en engan innflutning á þessum vörum erlendis frá og vegna eðlis framleiðslunnar krefst hún lítilla aðfanga erlendis frá. Í þessari skoðun felst engin efnahagsleg greining eða gildismat á mikilvægi þessarar matvælaframleiðslu umfram aðra. Ástæða þess að mögulegt var að greina aflþörf aukinnar garðyrkju og sparnað í losun CO<sub>2</sub> er að fyrir liggur greining á vegum Sambands garðyrkjubænda en ekki er vitað til þess að slíkt hafi verið gert fyrir aðra matvælaframleiðslu hér á landi.

Í greinargerðinni hér á eftir er farið yfir forsendur útreikninga á aflþörf vegna orkuskipta og sparnað í losun CO<sub>2</sub>.

### 3 RAFVÆÐING SAMGANGNA Á LANDI

#### 3.1 Niðurstöður um aflþörf og sparnað í losun CO<sub>2</sub> vegna samgangna á landi

Sparnaður í losun CO<sub>2</sub> af rafvæðingu samgangna á landi þar sem allar bifreiðar eru rafvæddar er 1.403.600 tonn á ári sem er á við 31% af heildarlosun Íslands árið 2014 (Umhverfisstofnun, 2016). Orkunotkun er samtals um 2.714.300 MWst en aflþörf að hámarki 743 MW (Tafla 3.1). Greiningunni var skipt niður í flokkana fólksbifreiðar, strætisvagnar, sendibifreiðar, vörubifreiðar, bílaleigubílar og hópferðabílar á vegum ferðapjónustunnar.

Tafla 3.1 Orkunotkun, aflþörf og sparnaður í losun CO<sub>2</sub> vegna rafvæðingar, þ.e. allar bifreiðar árið 2030

	Orkunotkun [MWst/ári]	Aflþörf lágmark [MW]	Aflþörf hámark [MW]	Sparnaður í losun [CO <sub>2</sub> t/ári]
Fólksbifreiðar	848.500	170	232	505.100
Strætisvagnar	19.000	4	5	8.400
Sendibifreiðar	139.400	28	38	69.700
Vörubifreiðar	757.700	152	208	365.400
Bílaleigubílar	234.800	47	64	139.800
Hópferðabifreiðar	714.900	143	196	315.300
Samtals	2.714.300	544	743	1.403.700

Munurinn á lágmarks og hámarks aflþörf felst í nýtingartíma rafhleðslustöðva. Gera má ráð fyrir að notaðar verði snjalllausnir við hleðslu á farartækjum í þeim tilgangi að létta álagi af flutnings- og dreifikerfum en erfitt er að meta á þessu stigi hver meðalnýtingartími hleðslustöðva verður. Í þessum útreikningum er gert ráð fyrir tvenns konar nýtingartíma, annars vegar 3.650 tímum á ári og hins vegar 5.000 tímum á ári. Þetta þýðir að hleðslutími samgöngutækja verður að jafnaði frá 10 tímum á dag upp í tæpa 14 tíma á dag og er þá miðað við að á einhverjum tímamarki verði allar hleðslustöðvar í gangi í einu. Þetta er að sjálfsögðu nálgun, en í raun má búast við að hleðslumynstrið verði fjölbreytt, blanda af hraðhleðslustöðvum, heimahleðslustöðvum með og án snjallstýringar og jafnvel V2G (vehicle to grid) sem er aðferðarfræði sem er talsvert til skoðunar í löndunum í kringum okkur.

#### 3.2 Samgöngur á landi helstu forsendur

Eftirfarandi kafli gerir grein fyrir helstu forsendum útreikninga orkuskipta í samgöngum á landi.

Tafla 3.2 Fjöldi farartækja árið 2030 og meðalakstur á ári.

	Heildarfjöldi 2030	Heimild	Meðal-akstur á ári [km]	Heimild
Fólksbifreiðar	303.804	(Friðleifur Ingi Brynjarsson, 2013)	13.300	(Samgöngustofa, e.d.)
Strætisvagnar	279	(Strætó bs., 2016), (Friðleifur Ingi Brynjarsson, 2013)	50.000	Áætlað
Sendibifreiðar	24.444	(Friðleifur Ingi Brynjarsson, 2013)	15.085	(Samgöngustofa, e.d.)

	Heildarfjöldi 2030	Heimild	Meðalakstur á ári [km]	Heimild
Vörubifreiðar	13.968	(Friðleifur Ingi Brynjarsson, 2013)	25.200	(Orkuspárnefnd, 2016)
Bílaleigubílar	48.611	(SAF, 2016), (ISAVIA, 2016)	23.000	(Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar, 2015) og áætlað
Hópferðabifreiðar	10.475	(SAF, 2016)	50.000	Áætlað

Heildarfjöldi bifreiða árið 2030 að undanskyldum bílaleigubílum og hópferðabílum var reiknaður útfrá háspá Vegagerðarinnar. Í forsendum Vegagerðarinnar eru fólksbílar 87% af heild, hópferðabílar eru 1% af heildarfjölda bifreiða (Friðleifur Ingi Brynjarsson, 2013) og 8% af þeim eru strætisvagnar (Strætó bs., 2016). Fjöldi strætisvagna á landinu árið 2016 er um 205 (Strætó bs., 2016). Fjöldi strætisvagna fyrir árið 2030 var fundinn útfrá hlutfalli þeirra af heildarfjölda hópferðabíla fyrir árið 2015 í umferðarspá (Friðleifur Ingi Brynjarsson, 2013). Sendibílar eru samkvæmt forsendum Vegagerðarinnar 7% af heildarfjölda bifreiða og vörubílar 4%.

Vegna mikillar fjölgunar ferðamanna var fjöldi hópferðabíla og bílaleigubíla reiknaður útfrá spá ISAVIA um fjölgun ferðamanna og lykiltölum frá SAF (SAF, 2016) en ekki spá Vegagerðarinnar. Spá ISAVIA um fjölgun ferðamanna er 3,5 milljónir árið 2030 (ISAVIA, 2016).

Reiknað var með að meðalakstur á ári árið 2030 væri sá sami og árið 2015 sem er heldur meira en gert er ráð fyrir í eldsneytiþspá (Orkuspárnefnd, 2016). Það er gert til þess að hafa vaðið fyrir neðan sig þar sem megin-tilgangur samantektarinnar er að kortleggja mögulegt aukið álag á flutningskerfi raforku. Meðalakstur fólksbíla á ári er reiknað meðaltal ekinna km bensín og díselbíla (Samgöngustofa, e.d.).

Tölur yfir akstur bílaleigubíla liggja ekki fyrir og eru því aksturstölur áætlaðar út frá gögnum um ferðamenn á bílaleigubílum og öðrum upplýsingum (Rannsóknir og Ráðgjöf ferðaþjónustunnar, 2015). Sama er uppi á teningnum fyrir akstur hópferðabíla og strætisvagna og eru aksturstölur áætlaðar.

Farartæki brenna mismiklu eldsneyti á hvern ekinn km og þar af leiðandi er losun CO<sub>2</sub> á hvern ekinn km misjafn eftir stærð farartækja (Tafla 3.3).

Tafla 3.3 Losunarstuðlar bifreiða annars vegar og meðaleyðsla rafmagnbifreiða hins vegar.

	Losunarstuðull [g CO <sub>2</sub> /km]	Heimild	Meðaleyðsla [kWst/km]	Heimild
Fólksbifreiðar	125	(Orkusetur, e.d.)	0,2	(Orkusetur, e.d.)
Strætisvagnar	602	(Dr. N.E. Ligterink, P.S. van Zyl, & V.A.M. Heijne, 2016)	1,3	(James Eyre, 2016)
Sendibifreiðar	189	(Dr. N.E. Ligterink, P.S. van Zyl, & V.A.M. Heijne, 2016)	0,36	(Zenith Motors, e.d.), (Nissan motor (GB) Limited, 2016), (Smith, 2016)
Vörubifreiðar	1.038	(Dr. N.E. Ligterink, P.S. van Zyl, & V.A.M. Heijne, 2016)	2,05	(Balqon Corporation, e.d.), (TransPower, 2014)
Bílaleigubílar	125	(Orkusetur, e.d.)	0,2	(Orkusetur, e.d.)
Hópferðabifreiðar	602	(Dr. N.E. Ligterink, P.S. van Zyl, & V.A.M. Heijne, 2016)	1,3	(James Eyre, 2016)

## 4 RAFVÆÐING FISKIMJÖLSVERKSMIÐJA

Í greiningarvinnunni var reiknað með því að lágt olíuverð hafi ekki áhrif til að draga úr frekari rafvæðingu fiskimjölsværksmiðja heldur komi til hagrænis hvatar sem leiða frekar til orkuskipta (Alþingi, 2016).

### 4.1 Niðurstöður um orku-, aflþörf og sparnað í losun CO<sub>2</sub> vegna rafvæðingar fiskimjölsværksmiðja

Þær fiskimjölsværksmiðjur sem ekki hafa rafvæðst að fullu brenna svartolíu í dag. Með því að klára orkuskipti í fiskimjölsværksmiðjum bætist við aflþörf á bilinu 65-68 MW en orkunotkun um 61.800 MWst á ári. Sparnaður í losun CO<sub>2</sub> með því að skipta út svartolíu fyrir rafmagn er um 12.100 tonn á ári sem samsvarar um 0,3% af heildarlosun Íslands árið 2014 (Umhverfisstofnun, 2016).

### 4.2 Helstu forsendur útreikninga vegna fiskimjölsværksmiðja

Upplýsingar um olíunotkun og losun CO<sub>2</sub> eru fengnar úr grænu bókhaldi fiskimjölsværksmiðja sem reknar eru á olíu í dag (HB Grandi hf, 2016), (Ísfélag Vestmannaeyja hf, 2015), (Síldarvinnslan hf, 2016), (Ísfélag Vestmannaeyja hf. - FES, 2015).

Upplýsingar um aflþörf fiskimjölsværksmiðja voru fengnar úr samantekt Péturs E. Þórðarsonar frá fundi raforkufagsviðs Samorku 2013 (Pétur E. Þórðarson, 2013) og var reiknað með að meðalafþörf fiskimjölsværksmiðju væri 17 MW.

Í losunarbókhaldi Ísfélagsins á Þórshöfn voru gefin upp 90 tonn af CO<sub>2</sub> árið 2015 sem er ekki í samræmi við losunartölur annarra fiskimjölsværksmiðja með hliðsjón af hráefnistölum og svartolíunotkun. Losunartalan var því leiðrétt í 2.372 tonn CO<sub>2</sub> miðað við losunarstuðul 3,1 t CO<sub>2</sub>/t.

Tafla 4.1 Forsendur útreikninga vegna rafvæðingar fiskimjölsværksmiðja

	Forsendur	Heimild
Losunarstuðull svartolíu	3,1 t CO <sub>2</sub> /t	(Ísfélag Vestmannaeyja hf, 2015) (Ísfélag Vestmannaeyja hf. - FES, 2015) (HB Grandi hf, 2016) (Síldarvinnslan hf, 2016)
Meðalafþörf fiskimjölsværksmiðju	17 MW	(Pétur E. Þórðarson, 2013)



## 5 FREKARI RAFVÆÐING IÐNAÐAR

### 5.1 Niðurstöður um aflþörf og sparnað í losun CO<sub>2</sub> vegna orkuskipta í iðnaði

Jarðefnaeldsneyti er gjarnan notað á vélar og tæki í iðnaði og má þar finna tækifæri til orkuskipta. Upplýsingar um umfang notkunar liggja hins vegar ekki fyrir nema hjá allra stærstu iðnfyrirtækjunum. Útreikningar á aflþörf og sparnaði í losun CO<sub>2</sub> frá orkuskiptum í iðnaði eru því að vissu leyti takmarkaðir. Engu að síður benda þeir til þess að aflþörf vegna orkuskipta sé 10-12 MW og að sparnaður í losun sé um 12.800 t CO<sub>2</sub> / ári sem er viðlíka og sparnaður í losun vegna rafvæðingar fiskmjölsverksmiðja (Kafli 4.1). Orkunotkun á ári er 50.400 MWst.

### 5.2 Helstu forsendur útreikninga vegna orkuskipta í iðnaði

Upplýsingar voru fengnar úr grænu bókhaldi iðnfyrirtækja, sem er aðgengilegt á heimasíðu Umhverfisstofnunar. Tilgangurinn var að koma auga á tækifæri til orkuskipta en ekki liggur fyrir hvort það sé hagkvæmt eða mögulegt. Í töflu 5.1 er gerð grein fyrir forsendum talna um orkuskipti í iðnaði.

Tafla 5.1 Forsendur útreikninga vegna rafvæðingar fiskmjölsverksmiðja

Flokkur	Forsendur	Heimild
Losunarstuðull svartolíu	3,1 t CO <sub>2</sub> /t	(Rio Tinto, 2016) (Greenhouse Gas Protocol, 2008)
Losunarstuðull flotaolíu	3,3 t CO <sub>2</sub> /t	(Malbikunarstöð Akureyrarbæjar, 2016) (Malbikunarstöðin Höfði hf, 2016)
Losunarstuðull díselolíu	2,7 kg CO <sub>2</sub> /l	(Rio Tinto, 2016) (Norðurál, 2016)
Afl olíukyntra ofna hjá ISAL	2,2 MW	(Rio Tinto, 2016)
Svartolíunotkun á ári ISAL	1.398 t	(Rio Tinto, 2016)
Flotaolíunotkun malbikunarstöðvar á ári	1.506 t	(Malbikunarstöð Akureyrarbæjar, 2016) (Malbikunarstöðin Höfði hf, 2016)
Díselolíunotkun á ári vegna tækja	1.197.223 l	(Rio Tinto, 2016) (Norðurál, 2016)

## 6 GARÐYRKJA

### 6.1 Niðurstöður um aflþörf og sparnað í losun CO<sub>2</sub> vegna aukinnar ræktunar grænmetis

Ylræktun grænmetis fellur í sjálfu sér ekki undir orkuskipti en ástæða þess að hún er tekin með hér er reif-uð í kafla 2. Aflþörf vegna aukinnar ræktunar ylræktaðs grænmetis er allt að 38 MW en orkunotkun 174.600 MWst. Sparnaður í losun CO<sub>2</sub> er 4 t sem er án flutnings og að teknu tilliti til mjög varfærinna forsendna.

### 6.2 Helstu forsendur útreikninga vegna ylræktaðs grænmetis

**Til að áætla aflþörf og kolefnissparnað vegna ylræktaðs grænmetis árið 2030 var byggt á eftirfarandi gögnum:**

- Framleitt magn af tómötum, agúrkum, papriku og salati á Íslandi árið 2015 ásamt magn af innfluttu grænmeti af sömu tegund. Gögn frá Sambandi Garðyrkjubænda.
- Uppsett afl í lýsingu og stærðir gróðurhúsa sem nýtt eru undir viðkomandi ræktun. Gögn frá Magnúsi Á. Ágústssyni fyrrverandi garðyrkjuráðunaut.
- Kolefnislosun, kg CO<sub>2</sub>/tonn af afurð, vegna mismunandi afurða í garðyrkju. Upplýsingar fengnar úr skýrslu um kolefnisspor grænmetis, blóma og garðplantna á Íslandi sem unnin var fyrir Samband garðyrkjubænda af VJI (2015).

#### Kolefnislosun

Skv. skýrslu VJI (2015) felst kolefnislosun frá íslenskri garðyrkju einna helst í framleiðslu aðfanga, umbúðum, plasti og áburði ásamt kælingu við flutning á vörum.

Kolefnislosun vegna innflutts grænmetis er reiknuð án þess að taka framleiðslu á rafmagni í upprunalandi með í reikninginn og eru varfærnisjónarmið og óvissa um orkuskipti í upprunalandi meginástæður þess. Rétt þykir að taka fram að íslensk framleiðsla hefur yfirleitt í för með sér mun minni kolefnislosun en erlend framleiðsla þar sem orkuframleiðsla er oft byggð á bruna jarðefnaeldsneytis sem hefur í för með sér losun gróðurhúsalofttegunda. Íslenska ræktunin nýtir sér aftur á móti umhverfisvænni orku, jarðhita til kyndingar og raforku sem er að mestu framleidd með vatnsafl og jarðvarma sem losar töluvert minna af gróðurhúsalofttegundum. Kolefnislosun vegna framleiðslu á erlendu grænmeti er mjög misjöfn eftir framleiðslulandi og er meginástæða þess mismunandi orkuþörf í ræktun á milli landa og ólíkir orkugjafir.

Holland og Svíþjóð eru dæmi um lönd sem einnig nota lýsingu og hitun við ræktun líkt og gert er á Íslandi. Hollensk vistferilgreining benti til að framleiðsla á hollenskum tómötum losi um 839 kg CO<sub>2</sub> ígildi/tonn við dyrnar hjá bónda, án flutnings á markað en sænsk rannsókn leiddi í ljós að sænskir tómatar losi á bilinu 940 til 2.700 kg CO<sub>2</sub> ígildi/tonn. Ástæðu svo mikillar losunar við ræktun á sænskum tómötum má einna helst rekja til gasbruna sem nýttur er til hitunar á gróðurhúsum (VJI, 2015).

Í útreikningum á kolefnissparnaði eru spænskir tómatar notaðir til samanburðar, líkt og gert er í skýrslu VIJ (2015) en gert er ráð fyrir að þeir hafi lægsta kolefnissporið af öllum innfluttum tómötum eða 773 kg CO<sub>2</sub>/t ári og þeir því valdir af varfærnisjónarmiðum (Tafla 6.2). Sömu varfærnisjónarmið réðu vali á viðmiðunargildum í samanburði við agúrkur og salat. Upplýsingar um losun CO<sub>2</sub> vegna framleiðslu á papriku eru ekki tiltækar.

- Í útreikningum er losun vegna rafmagnsframleiðslu vegna lýsingar í íslenskri ræktun ekki tekin með í reikninginn þar sem gert er ráð fyrir henni í kafla 8 sem gerir grein fyrir losun vegna aukinnar aflþarfar af völdum orkuskipta.
- Losun vegna flutnings á aðföngum og grænmeti er ekki höfð með í útreikningum fyrir grænmeti þar sem gert er ráð fyrir orkuskiptum í samgöngum og kolefnislosun frá samgöngum er tekin fyrir í kafla 2 um samgöngur á landi.

**Tafla 6.1 Helstu forsendur útreikninga á aflþörf vegna garðyrkju**

	m <sup>2</sup> í ræktun á Íslandi	Aflþörf [w/m <sup>2</sup> ]	Íslensk framleiðsla 2015 [kg]	Innflutt 2015 [kg]
<b>Tómatar</b>	44.155	240	1.347.000	1.097.192
<b>Agúrkur</b>	19.246	320	1.826.000	7.422
<b>Paprika</b>	13.740	240	215.000	1.368.580
<b>Salat</b>	15.470	120	376.800	1.352.987

**Tafla 6.2 Helstu forsendur útreikninga á losun CO<sub>2</sub> vegna garðyrkju**

	ÍSLENSK FRAMLEIÐSLA		INNFLUTT GRÆNMETI	
	2015 [t]	kg CO <sub>2</sub> /t ári	2015 [t]	kg CO <sub>2</sub> /t ári
<b>Tómatar</b>	1.347	186	1.097	773
<b>Agúrkur</b>	1.826	207	7	732
<b>Salat</b>	377	526	1.360	2.679

Aukning á magni ræktaðs grænmetis til ársins 2030 er reiknuð í samræmi við fjölgun íbúa skv. háspá mannfjöldaspár Hagstofu Íslands 2016-2065 þar sem gert er ráð fyrir að íbúum fjölgi um 25,6% á tímabilinu 2016 – 2030.

### Framtíð lýsingar í gróðurhúsum

Á undanförunum árum hafa verið unnar rannsóknir á notkun LED (Light-emitting diodes) við lýsingu við ræktun á grænmeti. Niðurstöður rannsókna sem unnin var á vegum Landbúnaðarháskóla Íslands gefa til kynna að LED lýsing gæti sparað orku í ræktun á salati um 50% (Christina Stadler, 2015). Upphafskostnaður við LED lýsingu í garðyrkju er enn nokkuð hár og er hann talin helsti áhrifavaldur þess að tæknin hefur ekki verið tekin í notkun hér á landi. Í útreikningum á aflþörf er byggt er á sömu forsendum og raforkuspá 2015-2050 (Orkuspárnefnd, 2015) þar sem gert er ráð fyrir að notkun LED í lýsingu í garðyrkju hefjist á næstu árum og aukist jafnt og þétt í kjölfarið. Gert er ráð fyrir að tæknin komi alfarið í stað hefðbundnar lýsingar árið 2030 og að raforkunotkun verði þá um 50% minni, samanborið við hefðbundnar perur.

### 6.3 Niðurstöður um orku- og aflþörf vegna afskorinna blóma

Niðurstöður útreikninga sýna að aflþörf vegna aukinnar framleiðslu afskorinna blóma er rúm 2 MW og orkuþörf 11.500 MWst. Sparnaður í losun CO<sub>2</sub> vegna aukinnar ræktunar innlendra blóma í stað innflutnings sömu afurða var ekki reiknaður út vegna skorts á gögnum.

Tafla 6.3 Afl- og orkuþörf vegna aukinnar ræktunar afskorinna blóma 2030

	Áætlað m <sup>2</sup> í ræktun	Aflþörf [MW]	Orkunotkun [MWst]
Afskorin blóm, blönduð ræktun	30.148	2,41	11.500

### 6.4 Helstu forsendur útreikninga vegna afskorinna blóma

Til að áætla aflþörf vegna blómaræktunnar árið 2030 var byggt á upplýsingum frá stökum blómabónda og þær yfirfærðar á heildina í samræmi við markaðshlutfall viðkomandi bónda. Gert er ráð fyrir beinni tengingu á milli fjölgun íbúa og blómaræktun. Aukning til ársins 2030 er reiknuð í samræmi við fjölgun íbúa skv. háspá mannfjöldaspár Hagstofu Íslands 2016-2065 þar sem gert er ráð fyrir að íbúum fjölgi um 25,6% á tímabilinu 2016 – 2030. Aflþörf árið 2030 miðar við að LED tækni sé innleidd sem stuðli á lækkun á aflþörf um 50% í samanburði við hefðbundnar perur.

Upplýsingar um magn innfluttra, afskorinna blóma og innlendra framleiðslu eru ekki tiltækar. Upplýsingar um magn innfluttra, afskorinna blóma og innlendra framleiðslu eru ekki tiltækar.

Tafla 6.4 Helstu forsendur útreikninga á aflþörf vegna blómaræktar

	Áætlað m <sup>2</sup> í ræktun	Aflþörf [w/m <sup>2</sup> ]
Afskorin blóm, blönduð ræktun	24.000	160

## 7 LANDBÚNAÐUR

Olíunotkun í landbúnaði felst einna helst í notkun dráttarvéla. Í eldsneytisspá Orkustofnunnar fyrir árin 2016 – 2050 er áætlað að heildareldsneytisnotkun dráttarvéla á lögbýlum hafi verið um 12,8 þúsund tonn árið 2014 (Orkuspárnefnd, 2016). Helsta eldsneytistegund sem notuð er á dráttarvélar í íslenskum landbúnaði er dísilolía og því má gera ráð fyrir að árið 2014 hafi kolefnislosun frá dráttavélum í íslenskum landbúnaði verið um 33.280 tonn.

Ekki er enn ljóst hvaða tækni verður ofaná þegar kemur að orkuskiptum vegna dráttarvéla í hefðbundnum landbúnaði. Próun á rafknúnum dráttavélum er enn stutt á veg komin en einnig hafa vetnisknúnar dráttarvélar verið nefndar til sögunnar sem mögulegur arftaki díselknúinna dráttarvéla. Í þeim tilvikum yrði vetnið mögulega framleitt heima á bæjunum með rafgreiningu sem myndi þýða aukið álag á flutnings- og dreifikerfi raforku. Vegna þessa og skorts á upplýsingum er því ekki gert ráð fyrir neinum orkuskiptum vegna notkunar dráttarvéla í landbúnaði í þessari samantekt.

## 8 RAFVÆÐING HAFNA

### 8.1 Niðurstöður um aflþörf og sparnað í losun CO<sub>2</sub> vegna rafvæðingar hafna

Niðurstöður útreikninga á aflþörf vegna orkuskipta í höfnum byggja á upplýsingum um skipakomur árið 2015 hjá Faxaflóahöfnum, Akureyrarhöfn, Hafnarfjarðarhöfn, Ísafjarðarhöfn og Sauðárkrókshöfn. Ekki bárust upplýsingar frá Reyðarfjarðarhöfn. Skipin eru í eftirfarandi flokkum:

- Flutningaskip
- Olíu- vöru- og tankskip
- Skemmtiferðaskip
- Fiskiskip og togarar
- Rannsóknar- og varðskip

Pegar talað er um rafvæðingu hafna er átt við þann möguleika að skip í höfnum geti tengst við raforkukerfi í stað þess að brenna jarðefnaeldsneyti.

Útreikningar á orku-, aflþörf og sparnaði í losun CO<sub>2</sub> frá orkuskiptum í höfnum sýna að aflþörf sé um 17 MW og orkuþörf á ári um 58.600 MWst. Sparnaður í losun vegna orkuskipta er um 33.100 t CO<sub>2</sub>/ári.

Tafla 8.1 Orku- og aflþörf ásamt sparnaði í losun vegna orkuskipta í höfnum

Tegund skipa	Orkunotkun [MWst/ári]	Aflþörf lágmark [MW]	Aflþörf hámark [MW]	Sparnaður í losun [CO <sub>2</sub> t/ári]
Flutningaskip	6.800	1	2	4.700
Olíu- vöru- og tankskip	6.000	1	2	2.400
Skemmtiferðaskip	36.800	7	10	17.800
Fiskiskip og togarar	7.400	1	2	7.200
Rannsóknar- og varðskip	1.600	0	0	1.100
<b>Samtals</b>	<b>58.600</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>33.200</b>

### 8.2 Rafvæðing hafna helstu forsendur

Leitað var til hafna eftir upplýsingum um skipakomur árið 2015 og fengust upplýsingar frá Faxaflóahöfnum, Akureyrarhöfn, Hafnarfjarðarhöfn, Ísafjarðarhöfn og Sauðárkrókshöfn (Tafla 8.2). Ekki bárust upplýsingar frá Reyðarfjarðarhöfn.

Tafla 8.2 Tegund og fjöldi skipa í höfn.

Tegund skipa	Eining	Fjöldi skipa alls í höfn 2015
Flutningaskip	stk	713
Olíu- vöru- og tankskip	stk	139
Skemmtiferðaskip	stk	280
Fiskiskip og togarar	stk	1.174
Rannsóknar- og varðskip	stk	87

Upplýsingar um meðaltíma skipa í höfn voru fengnar úr skýrslu Mannvits um landtengingar skipa (2012) og skýrslu Darra Eypórssonar um forkönnun á aukinni notkun endurnýjanlegra orkugjafa við Faxaflóahafnir (2016) (Tafla 8.3). Meðaltími skipa í höfn í hverju stoppi er mjög misjafn eftir flokkum skipa.

**Tafla 8.3 Tegund skipa og meðaltími í höfn.**

Tegund skipa	Eining	Meðaltími í höfn
Flutningaskip	Klst/stopp	12
Olíu- vöru- og tankskip	Klst/stopp	18
Skemmtiferðaskip	Klst/stopp	18
Fiskiskip og togarar	Klst/stopp	202
Rannsóknar- og varðskip	Klst/stopp	528

Upplýsingar um aflþörf skipa voru fengnar úr skýrslu Mannvits (2012) en þar kemur fram að aflþörf skipa er mismunandi eftir stærð. Hér er farin sú leið að miða við mestu aflþörf skipa (Tafla 8.4).

**Tafla 8.4 Aflþörf skipa vegna aukinna landtenginga.**

Tegund skipa	Eining	Mesta aflþörf fyrir 95% af skipum
Flutningaskip	kW	4.000
Olíu- vöru- og tankskip	kW	2.500
Skemmtiferðaskip	kW	7.300
Fiskiskip og togarar	kW	31
Rannsóknar- og varðskip	kW	34

Meðallosun frá tegund/flokki skipa var reiknuð útfrá forsendum í skýrslu Darra Eypórssonar (2016) sem áætlaði orkunotkun og samdrátt í útblæstri vegna aukinna landtenginga.

**Tafla 8.5 Meðallosun fyrir tegund skipa til útreikninga á losun CO<sub>2</sub> í höfn.**

Tegund skipa	Eining	Meðallosun frá hverju skipi
Flutningaskip	t CO <sub>2</sub> /ári	7
Olíu- vöru- og tankskip	t CO <sub>2</sub> /ári	17
Skemmtiferðaskip	t CO <sub>2</sub> /ári	64
Fiskiskip og togarar	t CO <sub>2</sub> /ári	6
Rannsóknar- og varðskip	t CO <sub>2</sub> /ári	13

## 9 LOSUN FRÁ ORKUFRAMLEIÐSLU

Orkuskipti kalla á aukna raforku sem framleidd er með vatnsafli, jarðhita og vindi. Virkjun endurnýjanlegra orkugjafa veldur losun gróðurhúsalofttegunda þó í litlum mæli sé miðað við bruna jarðefnaeldsneytis. Losun frá nýjum virkjunum vegna orkuskipta var reiknuð út miðað við ákveðna skiptingu á milli orkugjafa sem nánar er gerð grein fyrir í töflu 10.10.

Við útreikning á losun frá vatnsaflsvirkjunum var miðað við losunarstuðul sem Landsvirkjun gefur upp í grænu bókhaldi (Landsvirkjun, 2016). Fyrir losun frá jarðvarmavirkjunum var tekið meðaltal þriggja virkjana (Orkuveita Reykjavíkur, 2015), (Landsvirkjun, 2016) (Tafla 9.1).

Tafla 9.1 Losunarstuðlar virkjana

	Losun [CO <sub>2</sub> ígildi t/GWh]	Heimild
Vatnsaflvirkjun	1,115	(Landsvirkjun, 2016)
Jarðvarmavirkjun	7	(Landsvirkjun, 2016), (Orkuveita Reykjavíkur, 2015)
Vindorka	0	Upplýsingar ekki fyrir hendi

## 10 SKILGREINING SVIÐSMYNDNA UM ÞRÓUN RAFORKUMARKAÐAR

Í köflunum hér að framan er tekið saman hvaða möguleikar til orkuskipta eru til staðar þegar litið er til fyrirbyggjandi gagna. Miðað er við árið 2030 sem er sjóndeildarhringur sviðsmynda í kerfisáætlun Landsnets 2016-2025 og er niðurstaða samantektarinnar birt í töflunni hér að neðan. Einungis hluti af þeim orkuskiptum sem samantektin nær yfir er notaður sem forsenda í sviðsmyndagreiningunni. Til að halda til haga niðurstöðum samantektarinnar var ákveðið að útbúa þemakafla í umhverfisskýrslu kerfisáætlunar þar sem fjallað yrði um frekari orkuskipti, þ.e. hvað það myndi þýða í aflþörf og sparnaði í losun gróðurhúsalofttegunda, ef allir þessir möguleikar til orkuskipta yrðu nýttir.

Tafla 10.1 Orkunotkun, aflþörf og sparnaður í losun CO<sub>2</sub> eftir flokkum

	Orkunotkun [MWst/ári]	Aflþörf lágmark [MW]	Aflþörf hámark [MW]	Sparnaður í losun [CO <sub>2</sub> t/ári]	Af heildarlosun Íslands 2014
Rafvæðing samgangna á landi	1.764.600	354	483	948.600	21%
Rafvæðing samgangna vegna ferðamanna	949.700	190	260	455.100	10%
Rafvæðing fiskimjölsverksmiðja	61.800	65	68	12.100	0,3%
Frekari rafvæðing í iðnaði	50.400	10	12	12.800	0,3%
Garðyrkja	174.600	30	38	5.000	0,1%
Rafvæðing hafna	58.600	11	16	33.000	1%
<b>Samtals</b>	<b>3.059.700</b>	<b>661</b>	<b>877</b>	<b>1.466.600</b>	<b>32%</b>

Í þeim tilgangi að innifela möguleg orkuskipti í kerfisrannsóknir Landsnets var ákveðið að skilgreina sviðsmynd sem snéri sérstaklega að auknu álagi á flutningskerfið vegna orkuskipta. Tvær af fjórum skilgreindum sviðsmyndum, *Stöðug þróun* og *Aukin eftirspurn* innihalda það hlutfall af orkuskiptunum sem er innifalið í nýjustu raforkuspá árið 2030. Sviðsmyndin *Rafvætt samfélag* gengur hins vegar lengra í orkuskiptum og er í henni reiknað með auknu álagi á flutningskerfið vegna hraðari innleiðingar orkuskipta heldur en í hinum tveimur. Fjórða sviðsmyndin *Fjölbreyttur markaður* inniheldur svo sama hlutfall af orkuskiptum á Íslandi og Rafvætt samfélag en við bætist aukið magn vindorku og 1.000 MW millilandatenging

Sviðsmyndirnar sem voru til skoðunar eru eftirfarandi (sjá nánar í kerfisáætlun 2016-2025):



Stöðug þróun



Rafvætt samfélag







Aukin eftirspurn



Fjölbreyttur markaður



Tafla 10.2 Niðurstöður útreikninga orkuskipta fyrir árið 2030 eftir sviðsmyndum

	Sviðsmynd	Orkunotkun [MWst/ári]	Aflþörf hámark [MW]	Nettósparnaður* í losun [CO <sub>2</sub> t/ári]	Af heildarlosun Íslands 2014 [%]
	Stöðug þróun	252.400	69	139.100	3%
	Aukin eftirspurn	252.400	69	128.500	3%
	Rafvætt samfélag	902.600	346	339.600	7%
	Fjölbreyttur markaður	902.600	346	337.100	7%
	Frekari orkuskipti	3.059.700	880	1.411.700**	31%



\*Að frádreginni losun frá virkjunum

\*\*Áætlað útrá losun vegna sviðsmyndarinnar Rafvætt samfélag

### Stöðug þróun og Aukin eftirspurn

Sviðsmyndirnar *Stöðug þróun* og *Aukin eftirspurn* gera ráð fyrir álíka rafvæðingu bifreiða og er í eldsneytisspá (Orkuspárnefnd, 2016). *Stöðug þróun* gefur mynd af þróuninni ef ekki kemur til meiri notkun en sem leiðir af mannfjöldaaukningu og hægum breytingum í orkunotkunarmynstri fólks. *Aukin eftirspurn* gerir ráð fyrir auknu álagi á flutningskerfið ef atvinnuuppbygging verður hraðari en gert er ráð fyrir í raforkuspá (Landsnet, 2016). Aflþörf vegna rafvæðingar samgangna á landi er 69 MW. Sparnaður í losun CO<sub>2</sub> á ári vegna þessara orkuskipta er 145.800 tonn á ári sem er á við 3% af heildarlosun Íslands árið 2014 (Umhverfisstofnun, 2016).

Tafla 10.3 Aflþörf vegna rafvæðingar samkvæmt sviðsmyndunum Stöðug þróun og Aukin eftirspurn



 	Hlutfall rafknúinna farartækja	Orkunotkun [MWst/ári]	Aflþörf [MW]	Sparnaður í losun [CO <sub>2</sub> t/ári]
<b>Fólksbifreiðar</b>	25%	212.100	58	126.300
<b>Hópfarabílar</b>	4%	9.800	3	4.400
<b>Sendibifreiðar</b>	17%	23.700	6	11.800
<b>Vörubifreiðar</b>	1%	6.800	2	3.300
	Samtals	252.400	69	145.800

### Rafvætt samfélag og Fjölbreyttur markaður

Sviðsmyndin *Rafvætt samfélag* gerir ráð fyrir útskiptingu jarðefnaeldsneytis fyrir innlenda, endurnýjanlega orkugjafa. Hún samræmist tillögu til þingsályktunar um aðgerðaáætlun um orkuskipti (Alþingi, 2016) og þeirri umræðu sem á sér stað um loftslagsmál í samfélaginu. *Fjölbreyttur markaður* tekur einnig til orkuskipta líkt og *Rafvætt samfélag* (Landsnet, 2016).

Í þessum sviðsmyndum er gert ráð fyrir hærra hlutfalli rafknúinna bifreiða en í fyrri sviðsmyndum og því er aflþörfin nokkuð meiri. Aflþörf vegna orkuskiptanna er 155 MW, og er þá miðað við 3.650 tíma nýtingu. Sparnaður í losun CO<sub>2</sub> með tilkomu orkuskipta samgangna á landi í þessum sviðsmyndum er 305.300 t á ári sem er á við 7% af heildarlosun Íslands árið 2014 (Umhverfisstofnun, 2016).





Tafla 10.4 Aflþörf vegna rafvæðingar samkvæmt sviðsmyndunum Rafvætt samfélag og Fjölbreyttur markaður árið 2030

 	Hlutfall rafknúinna farartækja	Orkunotkun [MWst/ári]	Aflþörf hámark [MW]	Sparnaður í losun [CO <sub>2</sub> t/ári]
Fólksbifreiðar	27%	229.000	63	136.400
Strætisvagnar	12%	2.300	1	1.000
Sendibifreiðar	20%	27.900	8	13.900
Vörubifreiðar	12%	90.900	25	43.800
Bílaleigubílar	45%	105.700	29	62.900
Hópfreiðabifreiðar	15%	107.200	29	47.300
Samtals		563.000	155	305.300

## 10.1 Samgöngur á landi í sviðsmýndum

Við ákvörðun á líklegu hlutfalli rafknúinna faratækja var horft til raforkuspár (Orkuspárnefnd, 2015), þingsályktunartillögu um aðgerðaáætlun um orkuskipti (Alþingi, 2016), eldsneytisspár (Orkuspárnefnd, 2016), sviðsmýndir um eldsneytisnotkun 2016-2050 (Orkuspárnefnd, 2016) og skýrslu um möguleika til að draga úr nettóútstreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi (Brynhildur Davíðsdóttir og fl., 2009). Hlutfallstölurnar eru ekki þær sömu og í fyrrnefndum spám og áætlunum, en tekið er tillit til þeirra. Hlutfall rafknúinna bíla er mismunandi eftir sviðsmýndum Landsnets fyrir kerfisáætlun 2016-2025 (Tafla 10.5).


Tafla 10.5 Hlutfall rafknúinna bíla eftir sviðsmýndum kerfisáætlunar

	Hlutfall rafknúinna bifreiða í sviðsmýndum árið 2030			
				
	Stöðug þróun	Aukin eftirspurn	Rafvætt samfélag	Fjölbreyttur markaður
<b>Fólksbifreiðar</b>	25%	25%	27%	27%
<b>Strætisvagnar</b>	0%	0%	12%	12%
<b>Sendibifreiðar</b>	17%	17%	20%	20%
<b>Vörubifreiðar</b>	1%	1%	12%	12%
<b>Bílaleigubílar</b>	0%	0%	45%	45%
<b>Hópferðabifreiðar</b>	4%	4%	15%	15%

## 10.2 Fiskimjölsværsmiðjur í sviðsmýndum


Í sviðsmýndunum *Rafvætt samfélag* og *Fjölbreyttur markaður* er gert ráð fyrir að lokið verði við rafvæðingu fiskimjölsværsmiðja sem er í samræmi við tillögu til þingsályktunar um aðgerðaáætlun um orkuskipti (Alþingi, 2016).

Tafla 10.6 Aflþörf og sparnaður í losun með rafvæðingu fiskimjölsværsmiðja árið 2030 fyrir sviðsmýndirnar *Rafvætt samfélag* og *Fjölbreyttur markaður*.

	Orkunotkun [MWst/ári]	Aflþörf hámark [MW]	Sparnaður í losun [CO <sub>2</sub> t/ári]
<b>Fiskimjölsværsmiðjur</b>	61.800	68	12.100


## 10.3 Tækifæri til orkuskipta í iðnaði

Tafla 10.7 Aflþörf og sparnaður í losun vegna orkuskipta í iðnaði

	Orkunotkun [MWst]	Aflþörf hámark [MW]	Sparnaður í losun [CO <sub>2</sub> t/ári]
<b>Frekari rafvæðing iðnaðar</b>	50.400	12	12.800

#### 10.4 Aukin ræktun grænmetis innanlands


Tafla 10.8 Aflþörf vegna aukinnar ræktunar grænmetis innanlands 2030 og sparnaður í losun

	Magn [t]	Orkunotkun [MWst/ári]	Aflþörf [MW]	Sparnaður [kg CO <sub>2</sub> /árið 2030]
Tómatar	3.070.309	54.300	12	809.100
Agúrkur	2.303.081	21.400	4	4.900
Paprika	1.989.238	68.700	15	Upplýsingar ekki tiltækar
Salat	2.172.898	18.700	5	3.659.000
Samtals	9.535.526	163.100	36	4.473.000

#### 10.5 Rafvæðing hafna

Gert var ráð fyrir 90% rafvæðingu hafna í sviðsmyndunum *Rafvætt samfélag* og *Fjölbreyttur markaður* og var niðurstaðan sú að aflþörf vegna orkuskiptanna árið 2030 væri 14 MW. Sparnaður í losun CO<sub>2</sub> við orkuskiptin eru 33.100 tonn á ári sem eru á við innan við 1% af heildarlosun Íslands árið 2014 (Umhverfisstofnun, 2016).





Tafla 10.9 Aflþörf vegna rafvæðingar hafna miðað við 3650 tíma nýtingu. Reiknað er með 90% rafvæðingu hafna.

	Orkunotkun [MWst/ári]	Aflþörf hámark [MW]	Sparnaður í losun [CO <sub>2</sub> t/ári]
Flutningaskip	6.200	2	4.300
Olíu- vöru- og tankskip	5.500	1	2.100
Skemmtiferðaskip	33.100	9	16.000
Fiskiskip og togarar	6.600	2	6.400
Rannsóknar- og varðskip	1.400	0	1.000
Samtals	52.800	14	29.800

## 10.6 Losun CO<sub>2ig</sub> frá virkjunum





Niðurstaðan er sú að losun vegna virkjana er á bilinu 59.900 til 83.700 t CO<sub>2</sub> ígildi á ári eftir sviðsmyndum. Til að setja þær tölur í samhengi er lægri talan á við 1% af heildarlosun Íslands árið 2014 en hærri talan á við 2% af heildarlosun.

Tafla 10.10 Heildarlosun CO<sub>2ig</sub> frá virkjunum eftir sviðsmyndum

				
	Stöðug þróun [t CO <sub>2ig</sub> /ári]	Aukin eftirspurn [t CO <sub>2ig</sub> /ári]	Rafvætt samfélag [t CO <sub>2ig</sub> /ári]	Fjölbreyttur markaður [t CO <sub>2ig</sub> /ári]
Vatnsaflvirkjun	16.000	17.800	18.400	23.000
Jarðvarmavirkjun	43.900	52.700	60.700	60.700
Vindorka	*	*	*	*
<b>Samtals</b>	59.900	70.500	79.100	83.700

\*Upplýsingar ekki tiltækar

Tafla 10.11 Skipting heildarorkuöflunar eftir sviðsmyndum





				
	Stöðug þróun [GWst]	Aukin eftirspurn [GWst]	Rafvætt samfélag [GWst]	Fjölbreyttur markaður [GWst]
Vatnsaflvirkjun	14.372	16.019	16.493	20.707
Jarðvarmavirkjun	6.275	7.539	8.676	8.676
Vindorka	0		368	1.410
<b>Samtals</b>	20.647	23.558	25.537	30.793

## 11 HEILDARNIÐURSTÖÐUR

Orkuskipti, þar sem jarðefnaeldsneyti er skipt út fyrir raforku, eykur aflþörf í raforkukerfinu en leiðir jafnframt til sparnaðar í losun koltvísýrings (CO<sub>2</sub>). Raforkuspá, eldsneytisspá, og þingsályktunartillaga um aðgerðaráætlun um orkuskipti gera allar ráð fyrir því að orkuskipti munu hafa átt sér stað árið 2030 eða fyrr, en að mismiklu leyti. Mesta aflþörfin skapast með orkuskiptum í sviðsmyndunum *Rafvætt samfélag* og *Fjölbreyttur markaður* þar sem gert er ráð fyrir að 27% fólksbíla verði rafknúinn en lægra hlutfall þungabifreiða. Í þeim sviðsmyndum er einnig gert ráð fyrir að tæplega helmingur bílaleigubíla verði rafknúinn en búast má við talsverðri fjölgun bílaleigubíla samfara aukningu ferðamanna. Jafnframt er gert ráð fyrir að rafvæðingu fiskimjölsverksmiðja ljúki, skip í höfnum geti tengst við raforkukerfi og að aukning í ylræktun grænmetis og blóma muni standa undir eftirspurn innanlands fyrir ákveðnar tegundir. Aflþörf með þessum orkuskiptum mun aukast að hámarki um 346 MW og sparnaður í losun CO<sub>2</sub> að frádreginni losun frá nýjum virkjunum er á bilinu 339.600 til 337.100 tonn á ári. Sparnaðurinn er á við 7% af heildarlosun Íslands árið 2014 en aflþörfin á við uppsett afl Búfellsstöðvar og Búðarhálsstöðvar samanlagt (Landsvirkjun, 2016). Ef horft er á einstaka flokka orkuskipta þá skapast mesta aflþörfin í samgöngum á landi, því næst fiskimjölsverksmiðjum og iðnaði, rafvæðingu hafna, rafvæðingu bifreiða ferðaþjónustunnar og að lokum vegna aukinnar ræktunar grænmetis og blóma. Mestur sparnaður í losun CO<sub>2</sub> hlýst af orkuskiptum í samgöngum á landi, því næst bifreiðum á vegum ferðaþjónustunnar, rafvæðingu hafna, iðnaði og fiskimjölsverksmiðjum og að lokum í garðyrkju.

Sé horft til frekari orkuskipta þar sem allar samgöngur á landi, þar með taldar bifreiðar á vegum ferðaþjónustunnar verði rafknúnar sem og fiskimjölsverksmiðjur og iðnaður, hafnir og aukin garðyrkja er aflþörfin að hámarki 880 MW og sparnaður í losun CO<sub>2</sub> 1.411.700 t/ári. Það er líklega ekki raunhæf sviðsmynd en áhuga-vert að skoða og setja í samhengi við heildarlosun frá Íslandi. Sparnaður í losun CO<sub>2</sub> vegna frekari orkuskipta

Tafla 10.12 Orkunotkun, aflþörf og nettósparnaður í losun CO<sub>2</sub> eftir sviðsmyndum

	Sviðsmynd	Orkunotkun [MWst/ári]	Aflþörf hámark [MW]	Nettósparnaður* í losun [CO <sub>2</sub> t/ári]	Af heildarlosun Íslands 2014 [%]
	Stöðug þróun	252.400	69	139.100	3%
	Aukin eftirspurn	252.400	69	128.500	3%
	Rafvætt samfélag	902.600	346	339.600	7%
	Fjölbreyttur markaður	902.600	346	337.100	7%
	Frekari orkuskipti	3.059.700	880	1.411.700**	31%

\*Að frádreginni losun frá virkjunum vegna orkuskipta

\*\*Áætlað útfra losun vegna sviðsmyndarinnar Rafvætt samfélag

## 12 HEIMILDIR

**Alpingi. (2016).** Tillaga til þingsályktunar um aðgerðaáætlun um orkuskipti.

**Balqon Corporation. (e.d.).** MX30 Zero emission electric trucks and tractors.

**Brynhildur Davíðsdóttir og fl. (2009).** Möguleikar til að draga úr nettóútstreymi gróðurhúsalofttegunda á Íslandi. Skýrsla sérfræðinganeftdar. Reykjavík: Umhverfissráðuneytið.

**Carbon Independent. (29. January 2015).** Bus Sources. Sótt frá Carbon Independent: [http://carbonindependent.org/sources\\_bus.html](http://carbonindependent.org/sources_bus.html)

**Christina Stadler. (2015).** Áhrif LED lýsingar á vöxt, uppskeru og gæði gróðurhúsasalats að vetri. Landbúnaðarháskóli Íslands.

**Darri Eypórsson. (2016).** Forkönnun á aukinni notkun endurnýjanlegra orkugjafa við Faxaflóahafnir. Verkefni unnið fyrir hönd Faxaflóahafna, Orkuveitu Reykjavíkur, Veitna ehf og Reykjavíkurborgar. Reykjavík.

**DieselNet. (e.d.). Heavy-Duty Vehicles:** GHG Emissions and Fuel Economy. Sótt frá DieselNet: [https://www.dieselnet.com/standards/us/fe\\_hd.php](https://www.dieselnet.com/standards/us/fe_hd.php)

**Dr. N.E. Ligterink, P.S. van Zyl, & V.A.M. Heijne. (2016).** Dutch CO<sub>2</sub> emission factors for road vehicles. Utrecht: TNO.

**Efla verkfræðistofa. (21. maí 2013).** Kisilmálmverksmiðja á Bakka við Húsavík með allt að 60 þúsund tonna framleiðslugetu. PCC se.

**European Commission. (16. September 2016).** Reducing CO<sub>2</sub> emissions from vans. Sótt frá Climate Action: [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/vans/faq\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/vans/faq_en.htm)

**Friðleifur Ingi Brynjarsson. (2013).** Umferðarspá 2012-2060. Reykjavík: Vegagerðin.

**Greenhouse Gas Protocol. (2008).** Aluminum. Sótt frá Greenhouse Gas Protocol: <http://www.ghgprotocol.org/calculation-tools/aluminum>

**HB Grandi hf. (2016).** Grænt bókhald vegna ársins 2015. HB Grandi hf Fiskmjölsverksmiðjan Akranesi. HB Grandi.

**ISAVIA. (2016).** Drög að greinargerð aðalskipulags Keflavíkurflugvallar 2013-2030. Keflavík: ISAVIA.

**Ísfélag Vestmannaeyja hf. (2015).** Ísfélag Vestmannaeyja hf. - Þórshöfn. Skýrsla um grænt bókhald fyrir rekstrarárið 2014. Ísfélag Vestmannaeyja.

**Ísfélag Vestmannaeyja hf. - FES. (2015).** Skýrsla um grænt bókhald fyrir rekstrarárið 2014. Ísfélag Vestmannaeyja.

**James Eyre. (22. febrúar 2016).** Electric Buses Efficient As He\*\*, NREL finds. Sótt frá Clean Technica: <https://cleantechnica.com/2016/02/22/electric-buses-efficient-as-he-nrel-finds/>

**Landsnet. (2016).** Kerfisáætlun 2016-2025. Reykjavík: Landsnet.

**Landsvirkjun. (5. desember 2016).** Afstöðvar. Sótt frá Landsvirkjun: <http://www.landsvirkjun.is/fyrirtaekid/afstodvar>

**Landsvirkjun. (7. desember 2016).** Grænt bókhald auðlindir. Sótt frá Landsvirkjun: <http://umhverfisskyrsla2015.landsvirkjun.is/graent-bokhald/audlindir>

**Malbikunarstöð Akureyrarbæjar. (2016).** Skýrsla um grænt bókhald fyrir árið 2015. Akureyri: Akureyrarbær.

**Malbikunarstöðin Höfði hf. (2016).** Grænt bókhald 2015 ársskýrsla. Reykjavík: Malbikunarstöðin Höfði.

**Mannvit. (2012).** Landtengingar skipa. Reykjavík: Mannvit.

**Nissan motor (GB) Limited. (2016).** Nissan MY15 e-NV200 Van and Combi. Rickmansworth, Hertfordshire: Nissan Motor (GB) Limited.

**Norðurál. (2016).** Grænt bókhald og lykiltölur 2015. Grundartangi: Norðurál.

**Orkusetur. (e.d.). Eyðslu og útblástursgildi ágúst 2016.** Sótt frá Orkusetur: <http://orkusetur.is/reiknivelar/samgongur/eydslu-og-utblastursgildi/>

**Orkuspárnefnd. (2015).** Raforkuspá 2015-2050. Reykjavík: Orkustofnun.

**Orkuspárnefnd. (2016).** Eldsneytisspá 2016-2050. Reykjavík: Orkustofnun.

**Orkuspárnefnd. (2016).** Sviðsmyndir um eldsneytisnotkun 2016-2050. Reykjavík: Orkustofnun.

**Orkuveita Reykjavíkur. (2015).** Umhverfisskýrsla OR. Reykjavík: OR.

**Pétur E. Þórðarson. (2013).** Rafvæðing fiskmjölsverksmiðja. RARIK.

**Rannsóknir og Ráðgjöf ferðaþjónustunnar. (2015).** Vegir og ferðaþjónusta 2014-15 árstíðadreifing erlendra ferðamanna og notkun bílaleigubíla, samanburður við fyrri kannanir. Reykjavík: Vegagerðin.

**Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar. (2015).** Vegir og ferðaþjónusta 2014-15 árstíðadreifing erlendra ferðamanna og notkun bílaleigubíla, samanburður við fyrri kannanir. Reykjavík: Vegagerðin.

**Rio Tinto. (2016).** Grænt bókhald ISAL 2015.

**SAF. (6. október 2016).** Lykiltölur. Sótt frá SAF - samtök ferðaþjónustunnar: <http://www.saf.is/lykiltolur>

**Samgöngustofa. (e.d.).** Umferð. Sótt frá Samgöngustofa: <http://www.samgongustofa.is/umferd/tolfraedi/onnur-tolfraedi/>

**Sigurður Ingi Friðleifsson. (16. ágúst 2016).** Fyrirspurn. Tölvupóstur.

**Síldarvinnslan hf. (2016).** Grænt bókhald vegna ársins 2015. Síldarvinnslan hf.

**Smith. (6. október 2016).** Smith Newton The World's Best-Selling All-Electric Truck. Sótt frá [http://www.smithelectric.com/wp-content/uploads/2016/02/SmithNewtonSpecSheet\\_OUS\\_2011.pdf](http://www.smithelectric.com/wp-content/uploads/2016/02/SmithNewtonSpecSheet_OUS_2011.pdf)

**Strætó bs. (2016).** Munnlegar upplýsingar um fjölda strætisvagna á landinu.

**Þórhildur Elínardóttir. (29. febrúar 2016).** 861 slys á bílaleigubílum árið 2015. Sótt frá Spyr - Hvað viltu vita?: [http://www.spyr.is/grein/reglur/10361?customer\\_id=1498](http://www.spyr.is/grein/reglur/10361?customer_id=1498)

**TransPower. (8. August 2014).** Electric Class 8 Truck Product Report . TransPower USA.

**Umhverfisstofnun. (2016).** National Inventory Report. Emissions of Greenhouse Gases in Iceland from 1990 to 2014. Reykjavík: The Environment Agency of Iceland.

**VJI. (2015).** Kolefnisspor garðyrkjunnar. Skýrsla unnin fyrir Samband garðyrkjubænda. Samband garðyrkjubænda.

**Zenith Motors. (e.d.). Models.** Sótt frá Zenith-motors: <http://www.zenith-motors.com/>





**VSÓ RÁÐGJÖF**