



# Skýrsla starfshóps um starfsumgjörð fyrirtækja á orkumarkaði

Samkeppnishæfni,  
orkunýting, orkuskipti

**Útgefandi:**

Stjórnarráð Íslands

Skýrsla starfshóps um starfsumgjörð fyrirtækja á orkumarkaði - Samkeppnishæfni, orkunýting, orkuskipti

Desember 2024

urn@urn.is

**Umbrot og textavinnsla:**

Stjórnarráð Íslands

©2024 Stjórnarráð Íslands

ISBN 978-9935-9798-7-2

# Efnisyfirlit

<b>Myndaskrá</b> .....	<b>8</b>
<b>Töfluskrá</b> .....	<b>9</b>
<b>Útdráttur</b> .....	<b>11</b>
<b>Hugtök</b> .....	<b>14</b>
<b>1. Inngangur</b> .....	<b>17</b>
1.1. Greiningarvinna og lykilefni.....	17
1.2. Samráð og öflun upplýsinga .....	18
1.3. Efnistöð skýrslunnar .....	19
1.4. Orkuskipti og samfélagið .....	20
1.5. Ísland og orkuskipti: Hvað hefur áunnist?.....	21
1.5.1. Fyrri orkuskipti.....	22
1.5.2. Ísland er framarlega í flokki.....	23
1.5.4. Hlutverk ríkisins.....	24
1.5.5. Fleiri samfélagsþættir með bein eða óbein áhrif á orkuskiptin .....	25
<b>2. Stefnumið í orku- og loftslagsmálum</b> .....	<b>27</b>
2.1. Kaflayfirlit .....	27
2.2. Yfirlit yfir stefnur og áætlanir sem hafa áhrif á eða tengjast orku- og loftslagsmálum .....	27
2.2. Sjálfbær orkuframtíð - Orkustefna til 2050 .....	28
2.2.1. Þverpólítísk orkustefna.....	28
2.2.2. Náttúruvernd, sjálfbær orkunýting og vistkerfisnálgun.....	29
2.3. Full orkuskipti og kolefnishlutleysi 2040 .....	30
2.3.1. Horfið frá jarðefnaeldsneyti í skrefum.....	30
2.3.2. Kolefnishlutleysi: Minni losun – meiri binding.....	31
2.3.2. Orkuskipti fari fram: Regluleg endurskoðun markmiða.....	31
2.3.2. Mikilvægi kerfisinnviða og orkuöryggi.....	32

2.4. Skuldbindingar Íslands í loftslagsmálum og Parísarsamningurinn.....	32
2.4.1. Árangur í orkuskiptum lykilatriði skuldbindinga Parísarsamningsins.....	32
2.4.2. Árangur í samgöngum á landi og næstu skref.....	33
2.5. Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum og orkuskipti.....	33
2.5.1. Orkuskipti eru hluti aðgerða í loftslagsmálum.....	33
2.5.2. Loftslagsmál eru orkumál.....	34
2.5.3. Orkuskipti og hringrásarhagkerfi.....	36
2.5.4. Ný aðgerðaáætlun fyrir orkuskipti.....	36
2.6 Niðurstöður og tillögur.....	37
<b>3. Raforkukerfið og rammaáætlun.....</b>	<b>39</b>
3.1. Yfirlit.....	39
3.2. Sérstaða íslenska raforkukerfisins.....	39
3.3. Vandasöm staða raforkukerfisins.....	42
3.4. Aukin eftirspurn vegna orkuskipta.....	43
3.5. Breyttur vatnabúskapur.....	44
3.6. Staða og nýting raforkuframleiðslu í árslok 2023.....	45
3.7. Staða flutnings- og dreifikerfis í árslok 2023.....	46
3.8. Rammaáætlun og staða orkukosta í árslok 2023.....	48
3.8.1. Yfirlit yfir vatnsafls- og jarðvarmakosti í ferli.....	49
3.8.2. Yfirlit yfir vindorku- og sjávarkosti í ferli.....	51
3.9. Jöfnunarafl og núverandi orkukostir.....	53
3.10. Dreifikerfi og staða dreifiveitna.....	56
3.11. Niðurstöður og tillögur.....	56
<b>4. Orkuskipti: Forgangur, leyfi, umhverfismat og vistkerfi.....</b>	<b>59</b>
4.1. Yfirlit.....	59
4.2. Orkuskiptaverkefni.....	59
4.3. RED II og RED III – forgangur orkuskiptaverkefna.....	61

4.4. Lög um umhverfismat framkvæmda og áætlana nr. 111/2021 .....	63
4.5. Umhverfismat: Sjálfstæð málsmeðferð .....	64
4.6. Margir leyfisveitendur, mörg leyfi.....	64
4.7. Vistkerfisnálgun og orkuskipti .....	66
4.7.1. Vistkerfi og vistgerðir .....	66
4.7.2. Samþætting við orkuskipti: Verndun og endurheimt náttúrugæða.....	67
4.7.4. Líffræðileg fjölbreytni og vistkerfisnálgun .....	68
4.7.5. Tvö grunnverkefni vistkerfisnálgunar og skyld skref .....	70
4.7.6. Forgangaðgerðir að mati BIODICE.....	71
4.7.7. Fyrsti áfangi til virkrar vistkerfisnálgunar .....	71
4.8. Niðurstöður og tillögur .....	72
<b>5. Orkunýtni og sparnaður .....</b>	<b>74</b>
5.1. Yfirlit.....	74
5.2. Orkunýtni bætt og sóun lágmörkuð .....	74
5.2.1. Auðvelt í framkvæmd (2024–2030) .....	76
5.2.2. Framkvæmanlegt (2030–2035).....	77
5.2.3. Afar erfitt í framkvæmd (2035+).....	84
5.3. Fjölnýting auðlindastrauma .....	85
5.3.1. Framkvæmanlegt (2030–2035).....	86
5.4. Niðurstöður og tillögur .....	90
<b>6. Markaður .....</b>	<b>93</b>
6.1. Inngangur .....	93
6.2. Þróun á raforkumarkaði og hlutverk aðila á markaði .....	93
6.2.1. Gildistaka raforkulaga .....	93
6.2.2. Innleiðing Evrópulöggjafar .....	94
6.2.3. Framleiðsla .....	94
6.2.4. Flutningur .....	95

6.2.5. Dreifing.....	96
6.2.6. Sala .....	96
6.2.7. Markaðstorg.....	97
6.2.8. Eftirlit .....	98
6.3. Um raforkumarkaðinn .....	98
6.3.1. Breyttar þarfir og áskoranir .....	99
6.3.2. Gegnsæi verðmyndunar, viðskiptavettvangar og raforkuöryggi .....	100
6.3.3. Samkeppnismál.....	102
6.3.4. Staða smásöllumarkaðar .....	104
6.4. Forgangsröðun til orkuskipta .....	106
6.5. Samandregnar tillögur.....	107
<b>7. Orkuskipti – inntak þeirra .....</b>	<b>109</b>
7.1. Yfirlit .....	109
7.2. Loftslagsmarkmið og verkefnin fram undan .....	110
7.3. Tæknilausnir, valkostir fyrir orkuskipti.....	113
7.3.1. Bein notkun raforku.....	114
7.3.2. Rafeldsneyti .....	116
7.4. Orkueftirspurn – greining.....	121
7.5. Orkuframboð – greining.....	125
7.5.1. Sviðsmynd I; við nýtingarflokk rammaáætlunar bætist það sem verkefnisstjórn mælir með í nýtingu.....	126
7.5.2. Sviðsmynd II, ekki bætist við nýtingarflokk rammaáætlunar .....	129
7.5.3. Sviðsmynd III, orkuskipti innanlandsstarfsemi og samfélagsvöxtur .....	129
7.5.4. Sólarorka og sjávarföll.....	131
7.5.5. Ný raforka tryggð til orkuskipta?.....	132
7.5.6. Fýsileiki þess að forgangsráða núverandi orku til rafeldsneytisframleiðslu í stað álvera .....	133
7.6. Rafeldsneyti í lykilhlutverki .....	135

7.7 Niðurstöður og tillögur.....	136
<b>8. Orkuskiptaáætlun .....</b>	<b>139</b>
8.1 Tvískipt áætlun um orkuskipti .....	139
8.2. Verkefnið í hnotskurn .....	139
8.3. Tvíþætt markmið orkuskipta.....	139
8.4. Grunniðurstaða – orkueftirspurn/orkuþörf .....	140
8.3. Tillögur í ramma að orkuskiptaáætlun .....	141
<b>9. Samandregnar tillögur.....</b>	<b>143</b>
<b>Heimildaskrá.....</b>	<b>147</b>

# Myndaskrá

Mynd 1. Raforkunotkun í vegasamgöngum.....	21
Mynd 2. Hlutfall endurnýjanlegs eldsneytis í samgöngum á landi .....	21
Mynd 3. Þróun endurnýjanlegs eldsneytis skipt upp eftir eldsneytistegundum .....	22
Mynd 4. Innlent eldsneyti til samgangna í orkugildum (ktoí) .....	22
Mynd 5: Framtíðarsýn orkustefnu.....	29
Mynd 6. Stífla í Hafnarfirði. <i>Ljósmyndasafn Reykjavíkur/ Sigurhans Vignir</i> .....	40
Mynd 7. Verð jöfnunarorku á Íslandi og í Noregi.....	55
Mynd 8. Orkumerkimiði.....	75
Mynd 9. Orkunýting (PUE) - Ísland borið saman við svæðisbundin meðaltöl.....	85
Mynd 10. Línurit Baldurs Líndal sem sýnir notkunarmöguleika jarðhitavatns og gufu eftir hitastigi.....	86
Mynd 11. Heildarlosun frá Íslandi, að frátalinni losun vegna landnotkunar (LULUCF) en með losun frá millilandaflugi og ETS-losun frá iðnaði.....	110
Mynd 12. Losun sem íslensk stjórnvöld bera beina ábyrgð á, þróun frá árinu 2005.....	111
Mynd 13. Losun á ábyrgð Íslands miðað við Parísarsamninginn.....	113
Mynd 14. Skipting losunar á ábyrgð Íslands.....	113
Mynd 15. Orkuþéttleki pr. rúmmálseiningu sem fall af orkuinnihaldi pr. kg fyrir ýmsa orkubera.....	117
Mynd 16. Mat kostnaðarverðs eldsneytis af ýmsu tagi.....	121
Mynd 17. Samanburður á meðalkostnaðarverði endurnýjanlegrar raforkuvinnslu á Íslandi og á heimsvísu.....	131



# Töfluskrá

Tafla 1. Markmið um kolefnishlutleysi í mismunandi löndum.....	30
Tafla 2. Losun árið 2022 og breyting frá árunum 2021 og 2025.....	33
Tafla 3. Staða og nýting raforkuframleiðslu í árslok 2023.....	46
Tafla 4. Orkukostir í nýtingarflokki 3. áfanga rammaáætlunar.....	50
Tafla 5. Tillaga verkefnisstjórnar rammaáætlunar að orkukostum í nýtingarflokki í 4. áfanga rammaáætlunar.....	50
Tafla 6. Tillaga verkefnisstjórnar 5. áfanga rammaáætlunar að röðun og um endurskoðun kosta úr 3. áfanga.....	52
Tafla 7. Uppsett afl og orkuframleiðsla á Íslandi árið 2023.....	53
Tafla 8. Flokkun orkusparnaðaraðgerða eftir framkvæmanleika.....	76
Tafla 9. Mat á mögulegum orkusparnaði fyrir verslun og þjónustu og járnlausan hrámálmsiðnað.....	77
Tafla 10. Raforkunotkun í alþjóðlegum samanburði.....	78
Tafla 11. Notkun heimila á orku til húshitunar/kælingar.....	79
Tafla 12. Mögulegur orkusparnaður í búrekstri.....	81
Tafla 13. Mögulegur orkusparnaður gróðurhúsa og garðyrkju.....	82
Tafla 14. Mögulegur orkusparnaður til 2040.....	84
Tafla 15. Möguleikar á nýtingu glatvarma.....	87
Tafla 16. Aðgerðir sem ættu að geta komið til framkvæmda fram til ársins 2040.....	87
Tafla 17. Samanburður losunar á á beinni ábyrgð Íslands, árið 2022 og með breytingu frá árinu 2005.....	111
Tafla 18. Möguleikar á að ná um 37% samdrætti í losun hér á landi árið 2030, miðað við árið 2005.....	123
Tafla 19. Olíunotkun innan lands árið 2022, losun frá henni og orkuinnihald, ásamt mati á raforkuþörf til að skila sömu afköstum út frá mismunandi forsendum.....	124
Tafla 20. Spá um mögulega orkuframleiðslu árið 2030.....	126
Tafla 21. Líklegar viðbætur til lengri tíma (2035 +) miðað við núverandi nýtingarflokk rammaáætlunar og endurmatskosti sem verkefnisstjórn hefur mælt með í nýtingarflokk.....	126
Tafla 22. Orkukerfi sem þjónar orkuskiptum innan lands.....	127

Tafla 23. Orkukerfi sem auk orkuskipta innan lands fullnægir orkuþörf til orkuskipta í millilandasiglingum og millilandaflugi.....	128
Tafla 24. Orkukerfi sem myndi þjóna orkuskiptum innan lands í Sviðsmynd II.....	129

# Útdráttur

Í þessari skýrslu eru lagðar til aðgerðir sem síðan mynda grunn að tillögum starfshópsins að sérstakri orkuskiptaáætlun.

Í 1. kafla er inngangur skýrslunnar. Þar eru skipun starfshópsins og verkefni hans gerð skil. Verkefni starfshópsins kallaði á víðtækt samráð og aðkomu hagaðila sem margir hverjir veittu afar gagnlegar upplýsingar. Í innganginum er einnig vikið er að stöðu orkuskipta hér á landi, þeim árangri sem náðst hefur hingað til og verkefninu fram undan sem er ærið. Að auki er fjallað um samfélagsleglegan þátt orkuskipta í víðu samhengi.

Í 2. kafla skýrslunnar er fjallað um stefnumið í orku- og loftslagsmálum. Þar er gerð grein fyrir þverpólítískri orkustefnu Íslands og stefnumiðum stjórnvalda ásamt alþjóðlegum skuldbindingum í loftslagsmálum. Farið er stuttlega yfir lyklatríði á borð við orkustefnu landsins til 2050 um sjálfbæra orkuframtíð og náttúruvernd. Gerð er grein fyrir árangri í orkuskiptum á undanfórnum árum og hlut þeirra í efndum Íslands samkvæmt Parísarsamningnum. Full orkuskipti eru skilgreind og þau sett í samhengi við m.a. kolefnishlutleysi og kolefnisbindingu, orkuöryggi, kerfisinnviði og hringrásarhagkerfi. Einnig er fjallað um samhengið á milli loftslagsmála og orkuskipta almennt ásamt þörfinni á reglulegri endurskoðun aðgerðaáætlunar í orkuskiptum sem er og verður áfangaskipt. **Dregin er sú ályktun í kaflanum að þörf sé á lögfestingu markmiða um full orkuskipti og nauðsyn þess að aðgerðaáætlun um orkuskipti verði samþætt aðgerðaáætlun í loftslagsmálum enda ómögulegt að skilja þar á milli**

Í 3. kafla skýrslunnar er fjallað um stöðu raforkukerfisins, en með því er átt við framleiðslu, flutning og dreifingu. Þannig felst í kaflanum mat á framboðsstöðu og getu kerfisins til að flytja raforkuna. Einnig er í kaflanum fjallað um verndar- og orkunýtingaráætlun, sem í daglegu tali kallast rammaáætlun, og grein gerð fyrir stöðu virkjunarkosta í nýtingarflokki hennar. **Að mati starfshópsins þarf vinna faghópa rammaáætlunar að leggja jafna áherslu á alla höfuðþætti sjálfbærni sem eru kjarni orkustefnu. Þá er ljóst að frumforsenda uppbyggingar vindorkuframleiðslu er nægjanlegt framboð af stýranlegri orku til jöfnunar vindorkuvera.**

Í 4. kafla er vikið að umgjörð orkuskipta og farið yfir stjórnsýsluferli leyfisveitinga á sviði orkumála. Ferli leyfisveitinga þarf að tryggja að aðilar uppfylli kröfur en þarf jafnframt að vera einfalt og skilvirkt. Færð eru rök fyrir því að ferlið sé í núverandi mynd að nokkru leyti óþarflega flókið og gerðar tillögur um einföldun, þar á meðal hvað varðar ferli umhverfismats. **Starfshópurinn telur m.a. að vinna ætti að frekari samþættingu og sameiningu ferla eftir því sem við getur átt í leyfisveitingaferlinu. Einnig er velt upp sjónarmiðum um forgang orkuskiptaverkefna í þágu almannahagsmuna. Þá er fjallað er um tilskipun Evrópusambandsins 2018/2001 sem og endurskoðun hennar með tilskipun**

2023/2413 og kröfur sem þar er að finna um einföld leyfisveitingaferli í þágu orkuskipta. Samkvæmt skipunarbréfi þar starfshópnum að gæta að því að tillögur hans leiddu ekki til röskunar á líffræðilegri fjölbreytni. Af því tilefni gerir starfshópurinn sérstakt umfjöllunarefni úr vistkerfisnálgun sem heildrænni aðferð til að varðveita líffræðilega fjölbreytni. **Starfshópurinn telur rétt að samþætta vistkerfisnálgun stefnumiðum í orku- og loftslagsmálum.**

Í 5. kafla skýrslunnar er fjallað um orkunýtni og orkusparnað sem er ein af undirstöðum orkustefnu til 2050. Með því að inna af hendi sama verk fyrir minni orku losnar um orku sem tækifæri eru í að nýta í annað. Bætt orkunýtni felur ekki aðeins í sér minni sóun á rafmagni fyrir samfélagið allt heldur einnig fjárhagslega hvata til minni orkunotkunar. Byggt er á greiningu Implement ráðgjafarfyrirtækisins sem unnin var fyrir umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið og birt haustið 2023. Lagt er mat á möguleika til orkusparnaðar til skemmri tíma, fram til 2030 og lengri tíma, eftir 2030. **Lykilatriði er að réttir hvatar séu fyrir hendi til að heimili og fyrirtæki sjái sér hag í að bæta orkunýtni og stuðla að orkusparnaði.** Til þess þarf að skoða styrkja- og niðurgreiðsluferfi. Einnig þarf að stuðla að fjárfestingum til að koma verkefnum af stað sem leiða til orkusparnaðar til lengri tíma litið.

Í 6. kafla er fjallað um raforkumarkað en með því er átt við raforkuviðskipti óháð því hvar og hvernig þau fara fram. Rösktutt er hvernig virkur raforkumarkaður sé forsenda orkuskipta með fjölbreyttari orkukostum og þátttöku fleiri aðila á markaði. **Á virkum markaði eru framboð og eftirspurn í stöðugu samspili þannig að verðmyndun á orku endurspeglar framleiðslukostnað og virði með gagnsæjum hætti.** Til að uppbygging vindorku verði fýsilegur kostur er nauðsynlegt að fyrir hendi sé virkur markaður fyrir jöfnunarorku. Viðskiptavettvangar fyrir raforkuviðskipti eru að ryðja sér til rúms og telur starfshópurinn það til bóta en einnig að nauðsynlegt sé að lögfesta háttarnisreglur í raforkuviðskiptum og tryggja virkt eftirlit. Þá sé rétt að fylgst verði með áhrifum viðskiptavettvanga á virkni raforkumarkaðar til að meta hvort frekari aðgerða sé þörf til að auka markaðsvirkni í þágu orkuöryggis og orkuskipta.

Í 7. kafla er **fjallað ítarlega um orkuskipti og inntak þeirra.** Enn fremur eru þar ákveðnar **sviðsmyndir orkuskipta greindar**, m.a. með tilliti til ólíkra forsendna og orkueftirspurnar í samræmi við markmið stjórnvalda um orkuskipti. Í kaflanum felst greining á umfangi losunar gróðurhúsalofttegunda og lagt mat á þá orkuöflun sem þarf til að koma í stað notkunar jarðefnaeldsneytis. Einnig er lagt mat á hversu mikla orku þarf að framleiða með öðrum orkukostum á borð við vindorku út frá mismunandi sviðsmyndum. Lagt er gróft mat á getu raforkuferfisins til að jafna orkuöflun frá breytilegum orkugjöfum. Ljóst er að bein notkun raforku er skilvirkasta leiðin til að ná fram orkuskiptum þar sem henni verður við komið en fyrir aðra notkun stendur valið á milli lífeldsneytis og rafeldsneytis. Kostnaður af framleiðslu rafeldsneytis verður mjög háður raforkuverði og kostnaði af öflun koldíoxíðs sem þarf til framleiðslunnar. Ljóst er

að uppbygging vindorku er lykilatriði en forsenda þess er að **virkur markaður fyrir jöfnunarorku verði fyrir hendi.**

Í 8. kafla er sett fram tillaga að grunni orkuskiptaáætlunar, bæði til 2030 og fyrir áratuginn þar á eftir, til 2040. Þar er einnig **lagður fram rammi að orkuskiptaáætlun í sjö liðum.**

Í 9. kafla eru allar **niðurstöður og tillögur úr köflum 2 til 7 dregnar saman í númeruðum liðum.** Þær eru efni í grunn að fyrstu aðgerðaáætlun í orkuskiptum, þ.e. verkefni, ýmist á formi niðurstöðu eða sem tillaga um aðgerð.

# Hugtök

**Afl / orka:** Afl er orka á tímaeiningu.

Mælieining á aflri er kallað **Watt**. Í **megawatti (MW)** eru milljón wött. Í **gígawatti (GW)** eru þúsund megawött og í **terawatti (TW)** eru þúsund gígawött.

**Júl** er mælieining fyrir **orku**. Eitt júl er sú orka sem eitt watt gefur á einni sekúndu.

**Flutningstakmarkanir:** Þær aðstæður þegar flutningsgeta flutningsvirkis eða hluta flutningskerfis reynist ófullnægjandi þannig að takmarka þarf orkuflutning.

**Flutningstöp:** Afl sem tapast í kerfinu við flutning raforkunnar vegna viðnáms í línuleiðurunum.

**Frumorka:** Magn orku sem ekki hefur verið flutt eða umbreytt.

**GHL:** Gróðurhúsalofttegundir:

- a. Koldíoxíð, stundum nefnt koltvísýrlingur eða - sýringur, CO<sub>2</sub>.
- b. Metan, CH<sub>4</sub>.
- c. Díköfnunarefnisoxíð, N<sub>2</sub>O.
- d. Vetnisflúorkolefni, HFCs.
- e. Perflúorkolefni, PFCs.
- f. Brennisteinshexaflúoríð, SF<sub>6</sub>.
- g. Köfnunarefnistríflúoríð, NF<sub>3</sub>.
- h. Aðrir loftkenndir efnisþættir andrúmsloftsins, náttúrulegir og af mannavöldum, sem gleypa innrauða geislun og senda hana frá sér aftur.

**Grænþvottur:** Þegar fyrirtæki setur fram rangar eða villandi upplýsingar um umhverfisáætlað eigin vöru. Grænþvottur er græn markaðssetning sem gefur til kynna að frammistaða seljandans sé betri eða ágæti vörunnar eða þjónustunnar meira frá sjónarhóli sjálfbærrar þróunar en „innistæða er fyrir“. Í sinni skýrсту birtingarmynd er um að ræða fyrirtæki sem vill blekkja neytendur – þ.e.a.s. er með einbeittan brotavilja.

**Kolefnishlutleysi:** Kolefnishlutleysi er náð þegar heildarlosun gróðurhúsalofttegunda (GHL) í kolefnisígildum út í lofthjúpinu hefur náð jafnvægi við kolefnisbindingu. Orkuskipti eru lykilþáttur kolefnishlutleysis þar sem notkun jarðefnaeldsneytis veldur stórum hluta kolefnislosunar.

**LCOE** (e. *Levelized Cost of Energy*): Aðferðafræði við útreikning á ólíku hagkvæmni virkjunarkosta. Stofnkostnaður á framkvæmdartíma og rekstrarkostnaður á útreikningstíma er núvirtur miðað við þann afvöxtunarstuðul eða „Discount Factor“ sem ákveðið er að nota. Afvöxtunarstuðull á að endurspegla undirliggjandi áhættu, form fjármögnunar og fjármagnskostnað. Orkuvinnslugeta á útreikningstíma er einnig reiknuð til núvirðis. Deilt er í samtalsstölu núvirts

kostnaðar með samtalstölu á núvirtri orkuvinnslugetu og niðurstaðan er LCOE í US cent / kWst.<sup>1</sup>

**LULUCF:** Reglugerð Evrópuþingsins og ráðsins um að fella losun gróðurhúsalofttegunda og upptöku frá landnotkun, breyttri landnotkun og skógrækt inn í loftslags- og orkurammann fram til ársins 2030 og um breytingu á reglugerð (ESB) nr. 525/2013 og ákvörðun nr. 529/2013/ESB. Samkvæmt reglugerðinni eiga ríki að tryggja að aðgerðir á því sviði verði til þess að draga úr nettólosun, en auka hana ekki. Undir þessar reglur falla m.a. aðgerðir á sviði skógræktar, landgræðslu og endurheimtar votlendis.

**Rafgreining:** Ferli þar sem rafstraumi er hleypt frá straumgjafa eða spennugjafa gegnum vatn sem leiðir til þess að sameindir vatnsins ( $H_2O(l)$ ) rofna og mynda súrefnissameindir ( $O_2(g)$ ) og vetnissameindir ( $H_2(g)$ ), hvort tveggja á loftkenndu formi.

**Skerðanleg orka:** Raforka sem söluaðili getur fyrirvaralítið takmarkað eða hætt afhendingu á, t.d. vegna bilana í virkjunum.

**Stórnotendur:** Raforkunotendur sem nota innan þriggja ára á einum stað a.m.k. 80 GWst á ári.

**Renewable Energy Directive I-III, í daglegu tali RED I-III:** Tilskipanir Evrópusambandsins um að auka notkun orku frá endurnýjanlegum orkugjöfum. Markmið þeirra er að stuðla að aukinni notkun á endurnýjanlegri orku. Kveðið er á um einfaldað leyfisveitingaferli og fleiri ráðstafanir til að hraða uppbyggingu endurnýjanlegra orkugjafa.

**Rafeldsneyti:** Heiti á nothæfu eldsneyti sem búið er til úr vetni ( $H_2$ ), við rafgreiningu á vatni ( $H_2O$ ) og koldíoxíði ( $CO_2$ ).

**Lífeldsneyti:** Endurnýjanlegt eldsneyti, í formi vökva eða gass, sem er unnið úr lífmassa.

---

<sup>1</sup> Samorka, *Skilgreining á LCOE, helstu forsendur, útreikningur fyrir virkjunarkosti til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar frá ágúst 2015 og samanburður virkjunarkosta*. 2016.







# 1. Inngangur

Í þessum kafla gerir starfshópurinn meginverkefni sínu skil. Verkefni starfshópsins samkvæmt skipunarbréfi er víðtækt og kallaði á umtalsvert samráð við ýmsa haghafa og aðila með sérþekkingu á sínu sviði. Þá er fjallað um samfélagslegan þátt orkuskiptanna og leitast við að greina núverandi stöðu.

## 1.1. Greiningarvinna og lykilefni

Þann 14. september 2023 skipaði umhverfis-, orku- og loftslagsráðherra starfshóp sem samkvæmt skipunarbréfi var falið að vinna tillögur til ráðherra varðandi umgjörð orkumála á Íslandi út frá samkeppnishæfni, orkunýtingu og orkuskiptum.

Í skipunarbréfinu segir:

*Til að stjórnvöld nái markmiðum sínum í orku- og loftslagsmálum er nauðsynlegt að leita allra leiða. Í langtímaorkustefnu fyrir Ísland til ársins 2050 segir: „Til að Ísland verði áfram samkeppnishæft er mikilvægt að til staðar sé virkur samkeppnishæfur orkumarkaður sem skilar fjölbreyttum og misstórum notendum orku á sanngjörnu verði. Virkur og gegnsær markaður stuðlar að jafnvægi í framboði og eftirspurn og þar með bættu orkuöryggi.“*

*Mikilvægt er að starfsumhverfi orkufyrirtækjanna styðji við aukna framleiðni, bættu nýtingu, dragi úr sóun og taki tillit til neytendasjónarmiða, hvort heldur sem snýr að raforku eða varma. Þá eru ýmsar áskoranir sem blasa við varðandi dreifingu og flutning orku. Í orkustefnu segir einnig: „Því er mikilvægt að nýta alla auðlindastrauma, lágmarka töp og endurnýta orku eftir því sem kostur er. Horfa þarf til allrar virðiskeðju orkunýtingar, frá auðlind og innviðum til notandans. Þegar hugað er að nýjum sem eldri orkukostum verði fundnar lausnir sem fela í sér hámarksnýtingu orkunnar. Bætt orkunýtni og minni sóun dregur úr þörf á nýjum virkjunum.“ Bætt orkunýtni og fjölnýting fellur að forgangsmáli stjórnvalda um uppbyggingu hringrásarhagkerfis.*

*Einnig er þörf á að afla aukinnar orku og við það verkefni þarf að velta upp öllum mögulegum raunhæfum leiðum sem geta skilað árangri og eru hagkvæmar. Í stefnunni kemur fram að „til að skapa verðmæti og tryggja lífsgæði verður samfélagið að geta treyst því að orkuþörf sé mætt á hverjum tíma. Framboð og innviðir orkunnar teljast til þjóðaröryggishagsmuna þar sem öryggi borgaranna og samfélags og atvinnulífs er háð þessum mikilvægu grunnþáttum.“*

*Tillögur starfshópsins skulu snúa að greiningu og mótun tillagna á eftirfarandi þáttum:*

1. *Skoða hvort og þá hvernig skerpa þurfi á hlutverki fyrirtækja sem starfa á raforkumarkaði í núverandi umhverfi, sérstaklega m.t.t. samkeppnissjónarmiða og hins fjölbætta hlutverks aðila á markaði varðandi; (1) framleiðslu, (2) dreifingu, (3) flutning og (4) sölu.*

2. *Skoða einnig hvort þróun regluverks, innviða- og viðskiptaumhverfis sé í takt við breyttar þarfir vegna orkuskipta, fjölbreyttari orkukosta og meiri þátttöku notenda (hleðslustöðvar, hafnir, örvirkjanir, breytileg orkuframleiðsla, snjallmælar).*
3. *Skoða möguleika á bættri orkunýtingu og minni orkusóun. Jafnframt verði skoðað hvernig hindrunum verði rutt úr vegi varðandi orkuendurvinnslu, og hvernig liðka megi fyrir nýtingu glatvarma og öðrum orkusparandi aðgerðum.*
4. *Skoða hvernig raforkukerfið er í stakk búið til að taka við framleiðslu frá nýjum orkukostum eins og vindorku með breytilegu framboði. Þeir sem framleiði orku til eigin nota geti sömuleiðis komið henni til annarra neytenda.*
5. *Skoða rafeldsneytisþátt orkuskiptanna, þ.m.t. fyrirliggjandi skjöl: Vetnisvegvisi, niðurstöður starfshóps um flugeldsneyti og starfshóps um aðra orkukosti.*
6. *Meta áhrif breytilegra orkugjafa á orkuverð og kostnaðarþátt orkuskipta.*
7. *Vinna drög að orkuskiptaáætlun og taka við það tillit til annarra tengdra áætlana eins og aðgerðaáætlunar í loftslagsmálum og innviðaáætlunar fyrir orkuskipti.*
8. *Greina hindranir þess að orkufyrirtæki nýti orkukosti sem eru í nýtingaflokki í rammaáætlun og hvort einhver úrræði skuli vera til staðar til að hvetja til framkvæmda eða liðka fyrir með öðrum hætti.*
9. *Gæta þess að tillögur starfshóps leiði ekki til röskunar á líffræðilegum fjölbreytileika.“*

Starfshópurinn var þannig skipaður:

- Guðrún Sævarsdóttir, formaður
- Ari Trausti Guðmundsson, fyrrv. alþingismaður og jarðeðlisfræðingur
- Tryggvi Másson, hagfræðingur

Með hópnum störfuðu Magnús Dige Baldursson og Steinar Örn Jónsson, lögfræðingar frá umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytinu.

## 1.2. Samráð og öflun upplýsinga

Eftirfarandi gestir voru boðaðir til fundar við starfshópinn:

- Björn Arnar Hauksson, Orkustofnun
- Jón Björn Skúlason, Íslensk NýOrka
- Hörður Arnarson, Egill Tómasson, Sveinbjörn Finnsson, Sigurbjörg Ásta Jónsdóttir og Ríkhart Ríkhartsson, Landsvirkjun
- Ágústa Loftsdóttir, EFLA

- Finnur Beck, Almar Barja og Katrín Helga Hallgrímsdóttir, Samorka
- Hilmar Gunnlaugsson hrl., formaður starfshóps um vindorku og skatta í orkuvinnslu
- Guðmundur Ingi Ásmundsson, Einar Snorri Einarsson og Svandís Hlín Karlsdóttir, Landsnet
- Dr. Aðalheiður Jóhannsdóttir, prófessor við lagadeild Háskóla Íslands
- Sigrún Eyjólfsdóttir og Steingrímur Ægisson, Samkeppniseftirlit
- Bryndís Marteinsdóttir, Land og skógur
- Hildur Hauksdóttir, Samtök fyrirtækja í sjávarútvegi
- Guðmundur Herbert Bjarnason, Brim
- Björg Eva Erlendsdóttir og Þorgerður María Þorbjarnardóttir, Landvernd
- Benedikt S. Benediksson, Samtök verslunar og þjónustu
- María Jóna Magnúsdóttir, Bilgreinasambandið
- Árni Hrannar Haraldsson og Harpa Þ. Pétursdóttir, Orka náttúrunnar
- Sigurður Hannesson, Samtök iðnaðarins
- Björgvin Skúli Sigurðsson, Vonarskarð
- Sigurður Ingi Friðleifsson, Orkusetur
- Sævar Freyr Þráinsson, Elín Smáradóttir og Hera Grímsdóttir, Orkuveita Reykjavíkur
- Herdís Hallmarsdóttir og Katrín Olga Jóhannesdóttir, Elma orkuviðskipti
- Tómas Már Sigurðsson, Friðrik Friðriksson, Arna Grímsdóttir og Jón Ásgeirsson, HS Orka

### 1.3. Efnistöð skýrslunnar

Hér er gerð grein fyrir ramma skýrslunnar, þ.e. aðaldráttum loftslagsmarkmiða og vinnu að þeim, sbr. nýjustu aðgerðaáætlunina í loftslagsmálum, orkustefnu frá 1. febrúar 2021 og stefnu um umhverfisvernd svo og vistkerfisnálgun við vinnu að henni. Hvað varðar orkumál er metin staða raforkufyrirtækjanna og flutnings- og dreifikerfisins, auk stöðu á heildsölumarkaði og smásölumarkaði með raforku. Einnig er litið til vinnu 5. verkefnishóps rammaáætlunar. Skýrsla starfshóps ráðuneytisins frá mars 2022 undir heitinu *Staða og áskoranir í orkumálum* er höfð til hliðsjónar.

Í þeirri skýrslu eru settar fram sex sviðsmyndir um heildarþörf Íslands með vísan í loftslagsmarkmið til næstu tæpra tveggja áratuga, þar af fjórar sem taka mið af loftslagsmarkmiðum Íslands. Þær spanna allt frá lítilli sem engri viðbót við raforkuframleiðslu Íslands til ríflega tvöföldunar hennar, eða 124% aukningar fram til ársins 2040.<sup>2</sup>

Í þessari skýrslu eru einnig lagðar fram mismunandi sviðsmyndir um orkuframboð og orku eftirspurn, að þessu sinni vegna orkuskipta, einkum í 7. kafla, miðað við að ná settum markmiðum 2030 og fullum orkuskiptum 2040. **Gerð er**

---

<sup>2</sup> Staða og áskoranir í orkumálum.

grein fyrir innhaldi kafla í upphafi hvers þeirra og niðurstöður og/eða tillögur eru birtar í lok hvers þeirra. Í lok skýrslunnar eru dregnar saman niðurstöður greininga og viðbragða við stefnumiðum orkuskipta miðað við þessi tvö markár. Enn fremur mynda tillögur að verkefnum og aðgerðum efni í fyrstu heildrænu, tímasettu áætluninni um orkuskiptaaðgerðir og enn fremur um æskilegan stjórnsýsluramma þeirra. Tímaröðun aðgerða til 2030 er mun þéttari en fyrir áratuginn þar á eftir þar sem óvissuþættir eru þar miklu fleiri og stærri en fyrir árabilið fram til 2030. Regluleg endurskoðun aðgerðaáætlunar á að tryggja raunhæfa tímasetningu aðgerða á báðum fyrrgreindum tímabilum.

## 1.4. Orkuskipti og samfélagið

Orkuskipti eru margþætt ferli. Þrír meginþættir mynda umgjörðina í grófum dráttum. Fyrsta þátt má eigna samfélaginu, stórum og smáum neytendum og þeirra viðhorfum og viðbrögðum. Í þeirra augum varðar mestu að orkuöryggi sé fyrir hendi, orkuverð sé ásættanlegt og að orkuöflunin fari fram með sjálfbærum hætti í augum mikils meiri hluta landsmanna. Þá þarf framboð orku sem og innviðir að vera með fullnægjandi hætti. Annar þáttur snýst um að allir orkukostir sem tiltækir eru, bæði mishagkvæmir og mislangt komnir á sviði tækni, henti við orkuframleiðslu til fjöðanota í öllum geirum samfélagsins. Þriðji þátturinn varðar lög og reglur, sem taki til orkumála í víðasta skilningi, nái að leiða til réttláttra og skilvirkra ákvörðunar- og framkvæmdaferla.

Ekki liggur ljóst fyrir hvernig almenningssálitið skiptist með tilliti til orkuskipta og samtímis til ólíkra orkukosta. Nokkuð víst má þó telja að nær allur almenningur sé hlynntur fullum orkuskiptum. Stór hluti landsmanna telur að bregðast þurfi við loftslagsbreytingum af alvöru. Skoðanir eru svo skiptari þegar kemur að því hvers konar raforkuver skuli leyfð, hvernig eignarhaldi orkuvera skuli háttað, hve mikla orku þurfi til fullra orkuskipta og hvernig hennar sé aflað.

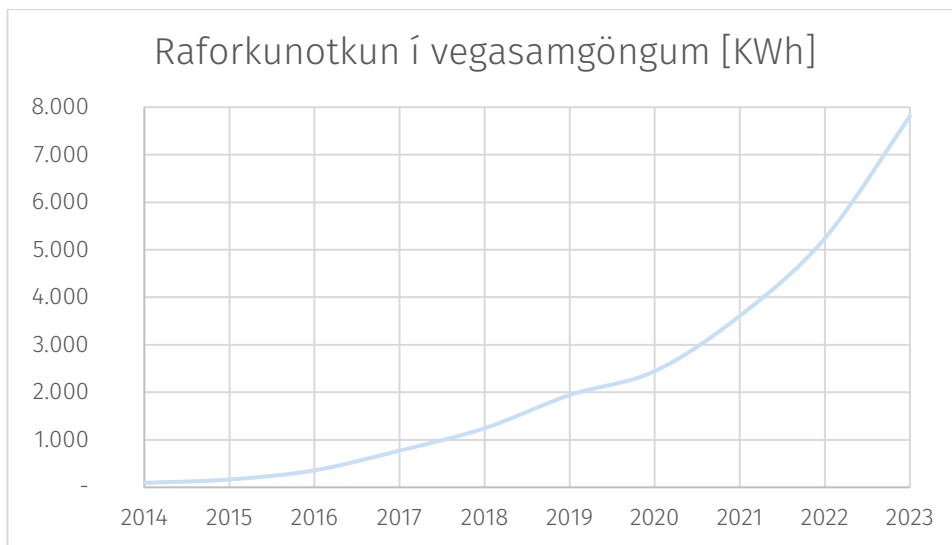
Samfélagslegur þáttur orkuskipta er í raun margslunginn. Liður í því er að almenningur leggur til á eigin ábyrgð framlag til minni losunar GHG, t.d. með breyttum venjum í samgöngum og notkun vistvænni samgöngutækja. Almenningur kann að sjá sér hag í því sem og fjárhagslegum sparnaði með rekstri rafbíls í stað olíu- eða bensínþrífins ökutækis, sparneytnum heimilistækjum og snjalltækni. Sem þriðja dæmi má nefna vissu um að loftgæði í nánasta umhverfi almennings batni með minni losun GHG úr umferð og fyrirtækjarekstri. Þessi atriði eiga þátt í að ýta undir jákvæð viðhorf til orkuskipta og í átt til mikilvægrar samfélagssáttar um orkuöflun, orkuflutning og orkunotkun.

Ágreiningur um aðgerðir í þágu orkuskipta er að vissu leyti óhjákvæmilegur. Deilt er um kvaðir sem stjórnvöld kunna að grípa til, svo sem skattlagningu, boð eða bönn. Sveitarfélög hafa gagnrýnt að þau njóti ekki nægra tekna fyrir orkuvinnslu í héraði. Deilt er um eignarhald á orkuverum, staðsetningu þeirra og gerð. Náttúruvernd og náttúrunytjar vegast á í umræðunni. Á næstu árum og áratugum, þegar loftslagsbreytingar kalla á æ víðtækari viðbrögð og eru iðulega umdeildar, verður að sama skapi að vanda til loftslagsbreytinganna og allrar umræðu og

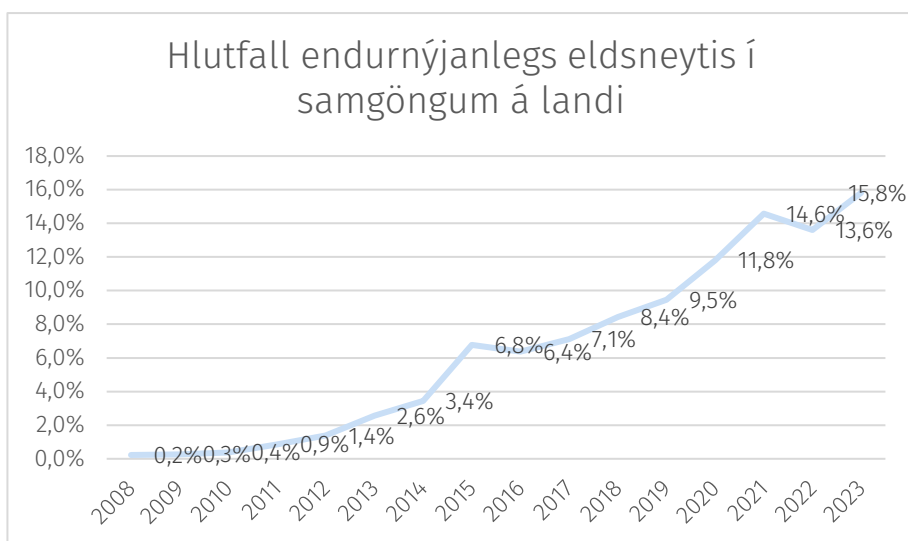
miða að eins mikilli samfélagssátt og eins miklum stuðningi sveitarfélaga, almennings og fyrirtækja við framvindu orkumála og unnt er.

## 1.5. Ísland og orkuskipti: Hvað hefur áunnist?

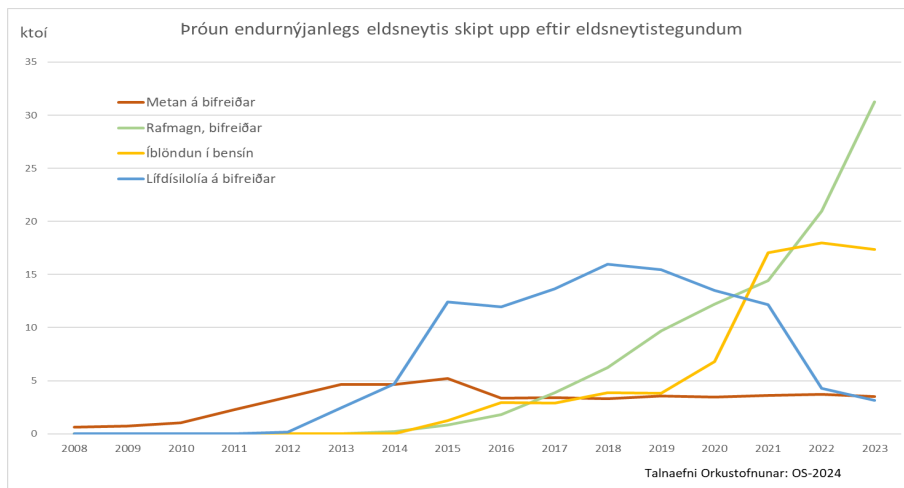
Aðgerðir stjórnvalda hafa leikið stórt hlutverk í þeim orkuskiptum sem hafa átt sér stað undanfarin ár. Góðan árangur má m.a. sjá af því að raforkunotkun hefur farið stigvaxandi á undanförunum árum.



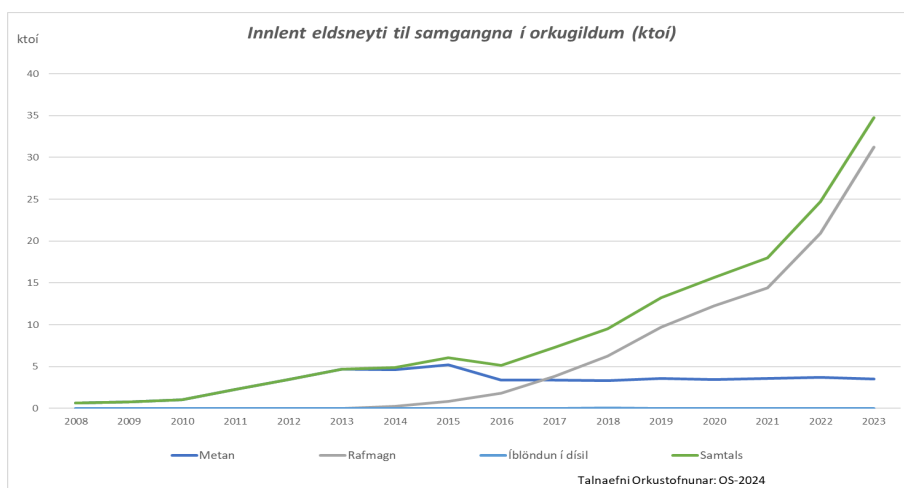
Mynd 1. Raforkunotkun í vegasamgöngum



Mynd 2. Hlutfall endurnýjanlegs eldsneytis í samgöngum á landi



Mynd 3. Þróun endurnýjanlegs eldsneytis skipt upp eftir eldsneytistegundum<sup>3</sup>



Mynd 4. Innlent eldsneyti til samgangna í orkugildum (ktoí)

### 1.5.1. Fyrri orkuskipti

Á fyrstu tveimur áratugum 20. aldar voru innflutt kol orðin algengur varmaorkugjafi á Íslandi. Víða var komið fyrir miðstöðvarkerfi í byggingum, einkum í nýbyggingum. Kolin nýttust í stað mós, taðs og trjáviðar. Gasstöð var starfrækt í Reykjavík frá 1910 og miðstöð kolainnflutnings varð til í Reykjavík 1915 fyrir helsta vaxandi þéttbýli landsins. Notkun kola til hitunar má heita horfin um 1970 og átti innflutningur og notkun jarðolíu stóran þátt í umskiptunum. Frá upphafi 5. áratugarins komu olíukyndingar smám saman til sögunnar sem varmagjafi í byggingum. Einnig varð olían fljótt mikilvægur orkugjafi í iðnaði og til almennrar raforkuframleiðslu á allmörgum stöðum.

<sup>3</sup> Með íblöndun er átt við lífildsneyti sem gera má ráð fyrir að notað verði til íblöndunar til 2035. Einnig er mögulegt að nota rafeldsneyti sem gæti orðið hagkvæmari kostur um eða upp úr 2035.

Þegar á tíma kolanotkunar voru fyrstu skref tekin til rafvæðingar. Þau markverðustu áttu sér stað í Hafnarfirði 1905–1907 og Reykjavík með vatnsaflsknúinni Elliðaárstöð 1924. Á næstu þremur áratugum, til 1954, bættust við sex vatnsaflsvirkjanir í nokkrum landshlutum og nýttist raforkan til ljósa, heimilisnota, hitunar og atvinnustarfsemi. Endurnýjanleg orkan kom víða í stað kola- og olíuorku. Á þessum tíma var einnig hitaveitan að ryðja sér til rúms. Eftir ýmsar tilraunir leiddu boranir á lághitasvæðum til þess að lagðar voru veitulagnir í hús víða um land frá 1930 að telja. Hitaveituvæðingin skar verulega á innflutning olíu til hitunar og má heita að henni hafi verið hætt að mestu upp úr 1990.

Tvö stærstu skrefin í orkuskiptum fólust í stóraukinni áherslu á raforkuframleiðslu og hitaveitu sem miða má við 7. áratuginn og nokkra áratugi þar á eftir. Í einn stað var hafist handa um byggingu fleiri og miklu öflugri vatnsaflsvirkjana, einkum á vatnasviði Þjórsár-Tungnaár. Í annan stað var hafinn undirbúningur að öflugu átaki í virkjun fleiri lághitasvæða, en þó sér í lagi háhitasvæða, bæði fyrir hitaveitu og aukinn varmaíðnað, auk raforkuframleiðslu. Oft er rætt um fyrstu orkuskipti Íslands þegar endurnýjanleg raforkuframleiðsla nær flugi og svo önnur orkuskipti landsins þegar hitaveiturnar ná hröðum vexti, eða stuttlega Orkuskipti 1 og Orkuskipti 2.

### 1.5.2. Ísland er framfarlega í flokki

Sérstaða Íslands hvað varðar endurnýjanlega orku felst í því að um 80% orkunotkunar eru endurnýjanleg. Í Evrópu er hlutfallið 24% og meðaltalið á heimsvísu 13%. Í stöðunni felast sérstakar áskoranir, m.a. að finna fjölbættar lausnir á orkuskiptum í öllum samgöngugeirum og víða í atvinnurekstri, m.a. fiskiðnaði og landbúnaði.

Stjórnvöld hafa lagt áherslu á að Ísland sé leiðandi í loftslagsmálum, þ.m.t. orkuskiptum. Ísland er í leiðandi stöðu ásamt nokkrum öðrum löndum í vinnslu jarðvarma og þar má jafnvel telja landið meðal þeirra allra fremstu. Kemur þar til löng reynsla, tækniþróun, afar hátt hlutfall endurnýjanlegrar orku og útflutningur þekkingar, einkum á sviði jarðvarmaöflunar og -nýtingar. Verkfræðileg og jarðfræðileg þekking á sviði jarðhita, Jarðhitaskóli SÞ og þekking á uppbyggingu og rekstri vatns- og varmaorkuvera er sömuleiðis til marks um góða stöðu í alþjóðlegu tilliti. Vinnsla á kolefnisgasi háhitasvæða og vetni með rafgreiningu til framleiðslu rafeldsneytis (metanóls) er líka hluti af sérstöðu landsins. Nefna má alþjóðlega djúpbórnarverkefnið IDDP í þessu skyni. Leiðandi staða landsins kemur einnig fram í nýrri aðferð, Carbfix, til kolefnisbindingar. Með henni er koldíoxíð úr lofti bundið varanlega í útfellingum (steindinni kalsít) í berggrunni.

Þegar kemur að ýmsum tækninýjungum við frekari þróun rafeldsneytis eða framleiðslu endurnýjanlegra orkugjafa eða aflvéla er vandséð að Ísland nái þar leiðandi stöðu. Því ræður m.a. smæð íslenska hagkerfisins, langur þróunartími nýjunga og skortur á sérþekkingu sem er fyrst og fremst á færi stórra og öflugra fyrirtækja og stofnana í helstu iðnaðarlöndum heims.

Auðlindagarðar (e. *Resource Park*) eru einnig dæmi um eftirtektarverða stöðu Íslands þar sem orkustraumar jarðhitavinnslu eru nýttir til fullnustu. Hugmyndafræðin sem slík er ekki íslensk að uppruna en telja má að í starfsemi Hitaveitu Suðurnesja, nú HS Orku, hafi fyrstu skref verið stigin hvað varðar fullnýtingu jarðhitans fyrir ýmsar iðnaðarvörur, t.d. eldsneyti, fiskeldi og heilbrigðisvörur. Raforkuframleiðsla með ólíkum ferlum ásamt hitaveitu er samtengd og þannig reynt að lágmarka sóun efna í jarðhitavökva og nýta sem best varmaorku er fylgir nauðsynlegri niðurdælingu affallsvatns í jarðvarmageyma.

#### 1.5.4. Hlutverk ríkisins

Stjórnvöld og löggjafinn eru í ákveðnu lykilhlutverki við að knýja áfram orkuskiptin. Lagasetning og stefnumótun mynda ramma, t.d. hvað varðar takmarkanir á losun, skattlagningu og öðrum hagrænum hvötum. Hið opinbera getur stutt vísindalegar rannsóknir, þróun nýrrar tækni og uppbyggingu innviða, svo dæmi séu nefnd. Fram til þessa hefur aðallega verið um að ræða fjármagn til náms og þekkingaröflunar, styrki til reiðu, bæði til nýsköpunar og framkvæmda, og fé til ívilnunar slíkra verkefna. Opinber fyrirtæki og stofnanir hafa enn fremur fengið ríkisfjármagn til fjárfestinga. Af þeim hafa borist tekjur sem eiga að nýttast til áframhaldandi starfa og jafnvel frekari fjárfestinga. Segja má það almenna skoðun að ríki hafi gjarnan frumkvæði í þessum efnum, ekki síður en einkageirinn, en geti síðar verið reiðubúið að minnka sinn þátt eða hverfa úr rekstri með öllu. Því er heldur ekki að leynd að margvíslegar lausnir vegna orkuskipta eru ekki fram komnar á markaði og efnahagsástand hér heima og erlendis hefur verið sveiflukennt. Þátttaka ríkisins er því fyrirséð, bæði sem veitandi fjármagns og til að jafna aðstöðu á innlendum markaði.

Ýmsa fyrrgreinda hvata og ávinninga í orkuskiptum má rekja til opinberra athafna. Nægir að nefna uppbyggingu raf- og varmaorkuvera, auk flutningskerfisins, menntunar sérfræðinga og ívilnana vegna kaupa á hreinorkubílum. Ekki verður annað séð en að stjórnvöld haldi áfram á þessari braut. Fyrir liggur að ríkisrekin orkufyrirtæki auki sinn þátt í að hraða orkuskiptum með því að efla raforkuframleiðslu og styrkja raforkuflutning. Einnig verður að minna á endurnýjun stefnu, framkvæmdaferla og áætlana í málaflokkum orku, loftslags, umhverfis og atvinnuvega með sem grænustum formerkjum. Endurskoða ber reglulega hvernig styrkir og ívilnanir geta þjónað markmiðum samfélagsins í loftslags-, umhverfis- og orkumálum. Ríkisvaldið leggur líka fram letjandi aðgerðir, svo sem hærri bifreiðagjöld eftir kolefnislosun bíla og er þátttakandi í ETS-kerfinu með kolefniskvóta. Að baki stjórnvöldum standa stjórn málaflökkarnir og samfélagslegar stofnanir þannig að ábyrgðina á framvindunni er að finna þar, þegar allt kemur til alls.



### 1.5.5. Fleiri samfélagsþættir með bein eða óbein áhrif á orkuskiptin

Eftirfarandi málefni falla ekki undir skipunarbréf starfshópsins en bent er á þau til frekari kannana, ákvarðana og úrlausna á allra næstu árum.

#### Jarðakaup

Fordæmi eru fyrir stórfelldum jarðakaupum hér á landi. Kaupendur geta verið hvort sem er innlendir eða erlendir. Jörðum fylgja auðlindir og réttindi sem geta varðað orkuskiptin. Dæmi um slíkt eru jarðefnanám til mannvirkjagerðar, fallvötn, jarðhiti, opin svæði til vindafsvirkjana og land sem hentar til ræktunar lífmassa. Eignarhald jarða og nýting þeirra varðar orkuskipti.

#### Auðlindir í þjóðlendum

Óhjákvæmilega varða auðlindir innan þjóðlenda og nýting hluta þeirra framvindu orkuskipta. Skýrar reglur um afgangið auðlindanna geta stuðlað að orkuskiptum og sátt um hvar skuli nýta auðlindir á þjóðlendum, hvar ekki og í hverra umsýslu.

#### Gjald vegna auðlindanýtingar

Stefnumótun og umræða um auðlindagjöld víðar en í fiskveiðum koma beint við framvindu orkuskipta. Benda má sem dæmi í þessum efnum á fjölda vindorkuverkefna sem borist hafa Orkustofnun og umræðu um hvernig nærsamfélög orkuvera og flutningsmannvirkja geti notið ávinnings af þeim. Enn fremur má nefna aukna ásókn í jarðefni til mannvirkjagerðar.

#### Landflutningar og sjóflutningar

Orkuskipti í vöru- og efnisflutningum um allt land eru stórt verkefni. Augljóslega skiptir máli hver hlutur sjóflutninga er á móti hlut landflutninga. Jafnvægi á milli ólíkra flutningsháttanna varðar umhverfismál í breiðum skilningi, efnahagsmál og neytendamál, auk álags þungaflutninga á vegakerfið.

#### Almenningssamgöngur

Almenningssamgöngur geta minnkað heildareftirspurn eftir orku. Þær stuðla að minni losun og orkueyðslu á hvern farþega og þannig að bættri orkunýtni. Skipulag þeirra og fjármögnun varðar orkuskiptin. Miklu skiptir að hvatar til víðtækari almenningssamgangna, jafnvel niðurgreiðslur, séu endurskoðaðir.

#### Ferðaþjónusta

Sjálfbær ferðaþjónusta tekur, eins og aðrar atvinnugreinar, til þriggja stöða sjálfbærni. Þróun ferðaþjónustu hefur verið hröð og það mun reyna, fyrr eða síðar, á burðarþol umhverfis, hagkerfis og samfélags. Burðarþol verður að greina á hverjum tíma eins vel og unnt er. Með rannsóknum á burðarþoli óbyggðra landsvæða, þekktra ferðamannastaða og samfélaga í dreifbýli og þéttbýli er unnt að ákvarða mótvægisáðgerðir og leiðir til að hvetja og stýra ferðaþjónustu í átt að sjálfbærni og markmiðum í orku- og loftslagsmálum, þ.m.t. fullum orkuskiptum.



## 2. Stefnumið í orku- og loftslagsmálum

### 2.1. Kaflayfirlit

Í þessum kafla er gerð grein fyrir þverpólítískri orkustefnu Íslands og stefnumiðum stjórnvalda ásamt alþjóðlegum skuldbindingum í loftslagsmálum. Farið er stuttlega yfir lykilatriði á borð við orkustefnu landsins til 2050 um sjálfbæra orkuframtíð og náttúruvernd. Gerð er grein fyrir árangri í orkuskiptum á undanförunum árum og hlut þeirra í efndum Íslands samkvæmt Parísarsamningnum. Full orkuskipti eru skilgreind og þau sett í samhengi við m.a. kolefnishlutleysi og kolefnisbindingu, orkuöryggi, kerfisinnviði og hringrásarhagkerfi. Einnig er fjallað um samhengið á milli loftslagsmála og orkuskipta ásamt reglulegri endurskoðun aðgerðaáætlunar í orkuskiptum sem er og verður áfangaskipt. Í lok kaflans (2.6) eru settar fram sjö tillögur að verkefnum til úrlausnar; tvær snúa að meðferð nýrrar aðgerðaáætlunar í orkuskiptum og ein að umgjörð um kolefnisbindingu.

### 2.2. Yfirlit yfir stefnur og áætlanir sem hafa áhrif á eða tengjast orku- og loftslagsmálum

Stefnu stjórnvalda í orkuskiptum er fyrst og fremst að finna í **Orkustefnu** og **Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum** en þeim verða gerð nánari skil í eftirfarandi undirköflum. Fleiri stefnur og áætlanir á vegum stjórnvalda hafa áhrif á eða tengjast orku- og loftslagsmálum.

**Stefna stjórnvalda um uppbyggingu flutningskerfis raforku** skal lögð fram á Alþingi í formi þingsályktunartillögu á fjögurra ára fresti samkvæmt 39. gr. a raforkulaga. Landsneti hf. ber að taka mið af stefnunni við útfærslu kerfisáætlunar sinnar. Í núgildandi þingsályktun eru tilgreind atriði sem lúta almennt að flutningskerfi raforku og hvernig skuli standa að uppbyggingu þess til lengri tíma, m.a. að flutningskerfi raforku sé hluti af grunninnviðum samfélagsins og meðal mikilvægustu forsendna fjölbreyttrar atvinnu- og byggðaðróunar. Þá er að finna almenn atriði sem varða uppbyggingu flutningskerfisins í 16 liðum, m.a. að ekki verði ráðist í línulagnir yfir hálandið og að svæði sem hafa búið við skert afhendingaröryggi séu sett í forgang, en þau eru Eyjafjarðarsvæði, Vestfirðir og Suðurnes.

Samkvæmt raforkulögum nr. 65/2003 ber flutningsfyrirtækinu, Landsneti, að leggja fyrir Raforkueftirlit Orkustofnunar **kerfisáætlun** til samþykktar annað hvert ár. Kerfisáætlun felur í sér langtímaáætlun sem sýnir þá þætti í meginflutningskerfinu sem fyrirhugað er að byggja upp eða uppfæra á næstu 10 árum og tímaáætlun þeirra. Kerfisáætlun felur í sér framkvæmdaáætlun sem sýnir ákvarðanir um fjárfestingar í flutningskerfinu sem hafa þegar verið teknar

og fjárfestingar sem þarf að ráðast í á næstu þremur árum og tímaáætlun þeirra. Í framkvæmdaáætlun skal greining valkosta útskýrð og rökstuddur sá kostur sem valinn er.

Í **áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða (rammaáætlun)** er lagt mat á verndar- og orkunýtingargildi landsvæða og efnahagsleg, umhverfisleg og samfélagsleg áhrif nýtingar, þ.m.t. verndunar. Í rammaáætlun eru virkjunarkostir á viðkomandi svæði flokkaðir í orkunýtingarflokk, verndarflokk eða biðflokk. Rammaáætlun hefur bindandi áhrif gagnvart stjórnvöldum við veitingu leyfa sem tengjast orkurannsóknum og orkuvinnslu en einvörðungu má veita slík leyfi til framkvæmda sem falla í orkunýtingarflokk hennar.

Í **vatnaáætlun** eru vatnshlot landsins greind og flokkuð eftir ástandi þeirra. Hluti af vatnaáætlun er aðgerðaáætlun þar sem tilgreint er hvernig umhverfismarkmiðum verður náð. Opinberar áætlanir á vegum stjórnvalda, svo sem vegna skipulagsmála, náttúruverndar, orkunýtingar og samgangna, skulu vera í samræmi við þá stefnumörkun um vatnsvernd sem fram kemur í vatnaáætlun.

Stefna stjórnvalda í úrgangsmálum, **Í átt að hringrásarhagkerfi**, inniheldur aðgerðir sem miða m.a. að þeim markmiðum að draga úr myndun úrgangs og losun gróðurhúsalofttegunda, m.a. með bættri nýtingu auðlinda og orkuendurnýtingu, þar á meðal uppvinnslu sem skilar efni sem nota á sem eldsneyti og brennslu með fullnægjandi orkunýtingu.

Í **landsskipulagsstefnu** felst samræmd stefna ríkisins um skipulagsmál til 12 ára. Í landsskipulagsstefnu eru samþættar áætlanir opinberra aðila um samgöngur, byggðamál, náttúruvernd, orkunýtingu og aðra málaflokka sem varða landnotkun og nýtingu og vernd auðlinda haf- og strandsvæða. Sveitarfélög taka mið af landsskipulagsstefnu við gerð skipulagsáætlana eða breytinga á þeim.

Ríkisstjórn Íslands samþykkti **stefnu í líffræðilegri fjölbreytni** árið 2008 og framkvæmdaáætlun fyrir hana árið 2010 að tillögu umhverfisráðherra. Í byrjun árs 2024 skipaði umhverfis-, orku- og loftslagsráðherra stýrihóp sem leggur nú drög að nýrri stefnumótun og framkvæmdaáætlun fyrir líffræðilega fjölbreytni.

Einnig ber að nefna að áætlanir og stefnur stjórnvalda taka mið af **heimsmarkmiðum Sameinuðu þjóðanna**. Markmið 7 varðar sjálfbæra orku og markmið 3 aðgerðir í loftslagsmálum.

## 2.2. Sjálfbær orkuframtíð - Orkustefna til 2050

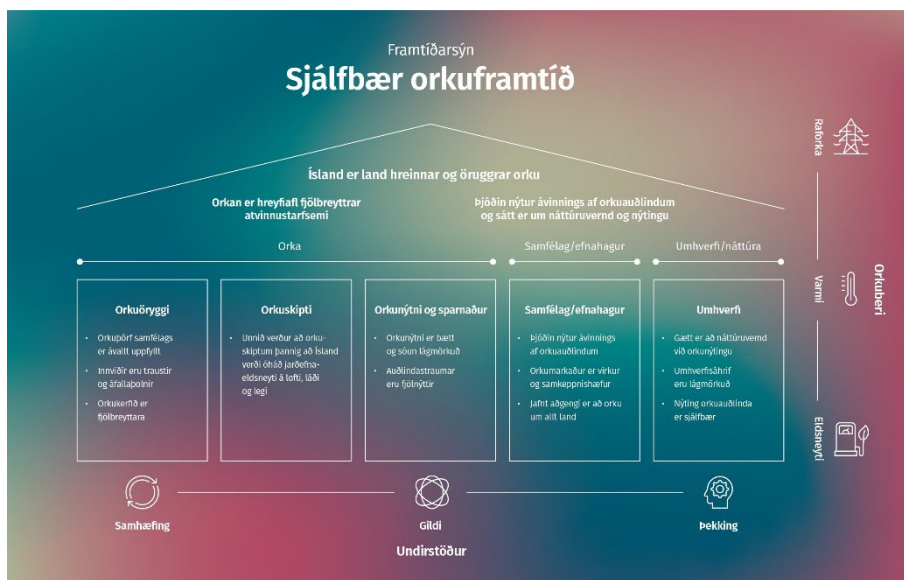
### 2.1.1. Þverpólítísk orkustefna

Fyrsta langtímaorkustefna Íslands kom út árið 2020. Stefnan var unnin af þverpólítískum starfshópi, skipuðum af atvinnuvega- og nýsköpunarráðherra. Stefnan nær til ársins 2050 og í henni er sett fram sú framtíðarsýn að framleiðsla endurnýjanlegrar orku skuli gegna grundvallarhlutverki í baráttunni við loftslagsvána. Hún er ein af stærstu áskorunum sem mannkynið stendur frammi

fyrir. Orkan verði nýtt með sjálfbærum hætti og þess getið samhliða að landið sé á hverjum tíma leiðandi í sjálfbærri orkuvinnslu, orkuskiptum, orkunýtni og skilvirkri fjölnýtingu orkugjafa jafnframt því að sátt ríki um vernd náttúru og nýtingu orkuauðlinda enda verði umhverfisáhrif lágmarkuð. Jafnframt er stefnt að því að samfélagslegur ábati af orkuauðlindum skuli hámarkaður á hverjum tíma og að þjóðin njóti ávinnings af því.

Leiðarstef orkustefnunnar eru fimm:

- Orkuöryggi sé sem best tryggt.
- Orkuskipti fari fram.
- Lögð verði áhersla á sem mesta orkunýtni og orkusparnað.
- Unnið verði á grunni sjálfbærni með því að sinna öllum þáttum hennar, þ.e. samfélagsáhrifum aðgerða, efnahagslegum áhrifum þeirra og áhrifum á náttúru og umhverfi.
- Gætt verði jafnvægis á milli nýtingar náttúruauðlinda og náttúruverndar.



Mynd 5: Framtíðarsýn orkustefnu.

### 2.1.2. Náttúruvernd, sjálfbær orkunýting og vistkerfissnálgun

Umhverfismál og náttúruvernd hefur varðað mikið um framvindu orkumála á Íslandi. Lög um náttúruvernd, verndar- og orkunýtingaráætlun og umhverfismat framkvæmda og áætlana eru meðal mikilvægustu laga sem mynda umgjörð orkumála. Í þeim felast leiðir til að gæta jafnvægis á milli nýtingar orkuauðlinda og náttúruverndar. Lífríkið og vistkerfi eru þar meðal lykilþátta og áhrif orkuvinnslu og orkuflutnings á lífheiminn hafa verið metin fyrir hvert verkefni sem þessi lög ná til. Samningur Sameinuðu þjóðanna um líffræðilega fjölbreytni sem tók hér gildi 1994 hefur þróast með árunum og í árslok 2022 var samþykkt ný

stefna um líffræðilega fjölbreytni og ný nálgun, vistkerfisnálgun, kynnt við nýtingu náttúruauðlinda. Í skipunarbréfi starfshópsins er honum ætlað að **gæta þess að tillögur hans leiði ekki til röskunar á líffræðilegri fjölbreytni**. Ákveðið var snemma í verkefnavinnu hópsins að taka mið af vistkerfisnálgun og er gerð grein fyrir umfjöllun um hana og tillögum í kafla 4.

## 2.3. Full orkuskipti og kolefnishlutleysi 2040

### 2.3.1. Horfið frá jarðefnaeldsneyti í skrefum

Meginstefnumið orkustefnunnar eru 12 talsins. Þar á meðal segir að innviðir skuli vera traustir og áfallaþolnir, Ísland verði óháð jarðefnaeldsneyti, orkuskipti fari fram á landi, hafi og í lofti, orkumarkaður sé virkur og samkeppnishæfur og jafnt aðgengi að orku gildi um allt land.

Tafla 1. Markmið um kolefnishlutleysi í mismunandi löndum.

Land	Heimsálfa	Ár
Bandaríkin	Norður-Ameríka	2050
Danmörk	Evrópa	2050
Finnland	Evrópa	2035
Indland	Asía	2050
Ísland	Evrópa	2040
Kína	Asía	2060
Noregur	Evrópa	2050
Svíþjóð	Evrópa	2045
Þýskaland	Evrópa	2045

Full orkuskipti hér á landi eru orðin staðreynd þegar helstu tegundir endurnýjanlegra orkugjafa, rafhlöður, rafeldsneyti og lífrænt eldsneyti, hafa náð fullri útbreiðslu í stað innfluttra tegunda jarðefnaeldsneytis til notkunar á landi, í lofti og á sjó. Grunnorka úr innlendum orkulindum sem nýta má til framleiðslu endurnýjanlegra orkugjafa á næstunni er fyrirsjáanlega vatnsorka, varmaorka og vindorka.

Á kjörtímabilinu 2017–2021 setti ríkistjórnin fram sem stefnumið að fullum orkuskiptum verði náð 2050. Í stjórnarsáttmála sömu ríkisstjórnar, sem birtur var eftir kosningar 2021, var nýtt markmið sett fram og full orkuskipti þá miðuð við árið 2040. Samhliða var stefnumiðið um kolefnishlutleysi landsins ítrekað miðað við sama ár, 2040. Með lögum nr. 95/2021, um breytingu á lögum um loftslagsmál,

var lögfest markmið um að kolefnishlutleysi verði náð eigi síðar en árið 2040. Mörg ríki miða full orkuskipti við árið 2050.

Hér á landi er meginhluti frumorku, þ.e. hlutur raforku og varmaorku, nú þegar til reiðu sem endurnýjanleg orka. Verkefni orkuskipta á Íslandi felast í að nýta endurnýjanlega raforku beint eða til framleiðslu orkubera, þ.e. rafeldsneyti og lífrænt eldsneyti, sem geta komið í stað jarðefnaeldsneytis. Í flestum viðmiðunarlöndum er aftur á móti lögð áhersla fyrst í stað á að „hreinsa orkuframleiðsluna“ eins og stundum er sagt, þ.e. fasa út raforku- og varmaframleiðslu með jarðolíu, kolum eða jarðgasi, og innleiða samhliða endurnýjanlega orkugjafa til raforkuframleiðslu og orkuskipta með endurnýjanlegri raforku.

### 2.3.2. Kolefnishlutleysi: Minni losun – meiri binding

Orkuskipti, sem minnka losun GHG og allur annar samdráttur í losun GHG miða að kolefnishlutleysi, samhliða aukinni kolefnisbindingu. Kolefnisbinding getur farið fram með landgræðslu, skógrækt, endurheimt votlendis og t.d. niðurdælingu og langtímabindingu kolefnisgass í jarðlög þar sem þau mynda steindina kalsít í basaltberggrunni. Minni losun og verulega aukin binding kolefnis verður að fara fram samhliða eigi kolefnishlutleysi að nást í nâinni framtíð. Að sama skapi gæti svokallaður grænpottur valdið því að orkuskipti sem hluti af kolefnishlutleysi dragast á langinn. Í þessu sambandi hlýtur að vera mikilvægt að hagrænir hvatar til bindingar séu til reiðu. Enn fremur er brýnt að aðgerðir til kolefnisbindingar fari fram með þeim hætti að aðferðir séu alþjóðlega viðurkenndar, árangur sé mælanlegur og að hann megi votta með sem áreiðanlegustum hætti. Mikilvægt er að stjórnvöld hafi skýr markmið um kolefnisbindingu með ólíkum aðferðum hennar.

---

*Kolefnishlutleysi:* Ástand þar sem jafnvægi hefur náðst milli losunar gróðurhúsalofttegunda og bindingar kolefnis af mannavöldum og nettólosun er því engin.

---

### 2.3.2. Orkuskipti fari fram: Regluleg endurskoðun markmiða

Reglulega verður að meta og greina líkur á fullnustu markmiða í orkuskiptum á árinu 2040. Greining og mat eru grunnur að endurskoðun og uppfærslu vinnuþátta eftir því sem þörf er á. Nú þegar litar ýmis óvissa horfurnar fram til ársins 2030. Eftir að Ísland hefur staðið skil á sínum þætti Parísarsamningsins tekur við áratugur orkuskipta þar sem mat og greining á framvindunni tekur áfram mið af óvissuþáttum á borð við efnahagsþróun heima og erlendis, alvarlegum náttúruváratburðum, margs konar tækniþróun, nýsköpun í gerð nýrra tegunda rafhlaðna og hlutföll ólíks vélbúnaðar, sem til reiðu er á alþjóðamarkaði. Og loks af því hver árlegur árangur verður innan lands við hreinorkuvæðingu á landi, hafi og í lofti.

Eins og annars staðar í heiminum fara full orkuskipti hér á landi fram með mismunandi hraða á hverju völdu árabili. Hvert skref að þeim þarf að skilgreina



og lýsa fyrir stutt árábil í einu, t.d. eitt til tvö ár. Komi í ljós að umskiptin til hverfandi innflutnings á jarðefnaeldsneyti muni taka lengri tíma en fram að áætluðu kolefnishlutleysi (2040) verður unnt að útskýra þá stöðu og færa rök fyrir breyttu, viðhlítandi stefnumiði.

### 2.3.2 Mikilvægi kerfisinnviða og orkuöryggi

Í orkustefnunni segir að orkuöryggi skuli miðast við að tryggja nægilegt og öruggt framboð á orkugjöfum, rafmagni, heitu vatni og jarðefnaeldsneyti fyrir heimili, grunnþjónustu og atvinnulíf, sem og að vernda innviði orkuviðnaðarins fyrir truflunum vegna náttúruvárs, skemmdarverka eða af öðrum orsökum. Flutningskerfi raforku gegnir lykilhlutverki þegar orkuöryggi er í húfi. Reynslan hefur kennt að innviðir þess verða að fylgja aukinni raforkuframleiðslu, bæði hvað varðar áfallapol lagna og flutningsgetu. Meðal annars verður að hyggja vandlega að tengivirkjum og ljúka lagningu dreifikerfis í jörð. Enn fremur er þörf á samtengingu helstu orkuframleiðslusvæða þannig að heildstætt flutningskerfi tryggi orkuöryggi sem best og flöskuhálsar í því séu sem fæstir og minnstir.

## 2.4. Skuldbindingar Íslands í loftslagsmálum og Parísarsamningurinn

### 2.4.1. Árangur í orkuskiptum lykilatriði skuldbindinga Parísarsamningsins

Það stýttist óðum í efndir Íslands samkvæmt Parísarsamningnum. Samningurinn kveður á um að aðildarríkin setji sér markmið um að draga úr losun GHG, svonefnd landsframlög. Ísland kynnti sitt fyrsta landsframlag í september 2016 sem fól í sér að ná 40% samdrætti í losun miðað við losun ársins 2005 fyrir árið 2030. Í febrúar 2021 var landsframlagið uppfært. Þar kemur fram að landið muni vinna að nýju markmiði ESB um 55% samdrátt í losun fyrir árið 2030 og þá í samstarfi við Noreg. Einnig verða aðgerðir eflaðar er miða að kolefnisbindingu og áhersla á loftslagstengd þróunarverkefni aukin. Minni losun gróðurhúsalofttegunda og aukin binding kolefnis með raunhæfum ráðum, samhliða orkuskiptum, eru lykilatriði loftslagsskuldbindinga til jafnt skemmri sem lengri tíma. Vissulega er árleg heildarlosun GHG frá Íslandi afar lítil í samanburði við árslosun á heimsvísu en umhverfisábyrgð og skyldur landsins jafn augljósar og annarra samfélaga.



Tafla 2. Losun árið 2022 og breyting frá árunum 2021 og 2025.

Losun árið 2022 og breyting frá árunum 2021 og 2005						
	Losun 2022		Breyting frá 2021		Breyting frá 2005	
	Þús. tonn CO <sub>2</sub> -íg.	%	Þús. tonn CO <sub>2</sub> -íg.	%	Þús. tonn CO <sub>2</sub> -íg.	%
<b>Samfélagslosun</b> (áður kallað á beinni ábyrgð Íslands) <small>Skv. losunarbókaldri Skv. JCD 29/2022***</small>	<b>2767</b>	<b>22%</b>	<b>-0,23</b>	<b>-0,0082%</b>	<b>-377</b>	<b>-12%</b>
	–	–	–	–	<b>-342</b>	<b>-11%</b>
<b>Landnotkun og skógrækt (LULUCF)</b>	<b>7757</b>	<b>62%</b>	<b>58</b>	<b>0,8%</b>	<b>11</b>	<b>0,14%</b>
<b>ETS* staðbundinn iðnaður</b>	<b>1875</b>	<b>15%</b>	<b>31</b>	<b>1,7%</b>	<b>1022</b>	<b>120%</b>
Innanlandsflug (CO <sub>2</sub> )**	24	0,19%	3,3	16%	-1,9	-7,4%
<b>Samtals</b>	<b>12423</b>	<b>15%</b>	<b>93</b>	<b>0,75%</b>	<b>655</b>	<b>5,6%</b>

### 2.4.2 Árangur í samgöngum á landi og næstu skref

Vegna sérstöðu Íslands í raforku- og hitaveitumálum liggur beint við að orkuskipti og útfösun jarðefnaeldsneytis snúast um samgöngur og þá um hríð fyrst og fremst um samgöngur á landi. Þar hafa tæknilausnir verið fyrir hendi og þróun þeirra hröð. Fram til 2030 verður haldið áfram á þeirri braut og áfram inn í nýjan áratug þar á eftir. Mest ber á árangri við orkuskipti minni bifreiða og flutningabifreiða. Töluverður árangur hefur líka náðst með bættri orkunýtingu báta og skipa, bæði með því að breyta yfir í olíur með minni losun GHG og blöndun efna í jarðefnaeldsneyti. Það á líka við um bíla og ýmiss konar vinnutæki. Orkuskipti í flugsamgöngum skila vart verulegum árangri fyrr en eftir 2030. Það skýrist af ólíkum tæknilausnum og stöðu þróunar- og tilraunastarfs í fluggeiranum.

Fyrsta aðgerðaáætlun stjórnvalda í orkuskiptum var lögð fram sem þingsályktunartillaga 2015–2016 á Alþingi og aftur 2017 þar sem hún var samþykkt. Þar koma fram tiltekin markmið um að hlutfall endurnýjanlegrar orku í samgöngum verði 40% árið 2030 og 10% í haftengdri starfsemi. Í henni er fjallað lauslega um hagræna hvata, innviði, orkusparnað, samstarf og rannsóknir. Þessi nýja skýrsla leggur fram efni, forsendur, og tillögur um aðgerðir sem geta undirbyggt endurskoðaða aðgerðaáætlun fram til 2030, og svo ramma og efni fyrir áratuginn þar á eftir, fram til 2040.

## 2.5. Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum og orkuskipti

### 2.5.1. Orkuskipti eru hluti aðgerða í loftslagsmálum

Markmið íslenskra stjórnvalda í loftslagsmálum eru skýr. Aðgerðaáætlun á grunni þeirra var lögð fram í júní 2020, m.a. eftir stöðurýni Loftslagsráðs sem kom fram 2019. Niðurstaða ráðsins eftir hana varðandi orkuskipti var að alllangt væri í land með að þau væru þá í samræmi við æskilegan árangur þannig að loftslagsmarkmiðin næðust. Ráðið samþykkti álitserð um fyrirliggjandi drög að aðgerðaáætluninni í apríl 2020. Var tekið tillit til álitserðarinnar við opinbera gerð áætlunarinnar skömmu síðar.

Ráðuneytið lagði fram stöðuskýrslur 2021 og 2022. Í rýni Loftslagsráðs á sjálfa aðgerðaáætlunina, saminni 2020, kemur fram að hana megi telja mikið framfaraskref en ábendinga sé þörf. Þær eru níu talsins og snúa tvær að orkuskiptum, önnur svohljóðandi:

*„Setja þarf fram raunhæfa áætlun um útfösun jarðefnaeldsneytis: Ráðið telur tímabært að setja fram, samhliða orkuspá, raunhæfa áætlun um hvernig útfösun jarðefnaeldsneytis verður náð.“<sup>4</sup>*

### 2.5.2. Loftslagsmál eru orkumál

Aðgerðir áætlunarinnar í loftslagsmálum frá 2020 eru 50 talsins. Tíu aðgerðir varða orkuskipti í samgöngum á landi, m.a. ýmsar ívilnanir til neytenda, uppbyggingu innviða fyrir ökutæki, eflingu almenningssamgangna og orkuskipti í þungaflutningum. Fimm aðgerðir taka til skipa og hafna, m.a. orkuskipti í sjávarútvegi, rafvæðing hafna og bann við notkun svartolíu. Aðrar fimm aðgerðir snúa að orkuframleiðslu og smærri iðnaði, svo sem förgun, geymslu og hagnýtingu kolefnisgass frá jarðvarmavirkjunum, rafvæðingu fiskimjölsverksmiðja og innlendu endurnýjanlegu eldsneyti.

Meðal fjölda annarra aðgerða má finna kolefnisgjald, loftslagssjóð, loftslagsvænni landbúnað, urðunarskatt, greiningu á loftslagsáhrifum lagafrumvarpa, förgun kolefnis frá stóriðju og þátttöku í alþjóðlegu kerfi (ETS) um samdrátt í losun frá flugi. Aðgerðaáætlunin styður beint við aðgerðir í orkuskiptum.

Í júní 2024 kom fram endurskoðuð aðgerðaáætlun í loftslagsmálum með uppfærðum tölum og mun ítarlegra yfirliti á ábyrgð og framkvæmdum einstakra þátta aðgerðanna. Hún er fyrsta aðgerðaáætlunin sem vefur öflun endurnýjanlegrar (grænnar) orku á afgerandi hátt inn í lausnir á loftslagsvandinum.

---

<sup>4</sup> Rýni loftslagsráðs á aðgerðaráætlun í loftslagsmálum, samþykkt á fundi Loftslagsráðs 29. apríl 2020  
<https://loftslagsrad.is>

### Ný aðgerðaáætlun í loftslagsmálum

Í kynningu á vef umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytisins segir:

- 150 aðgerðir en í fyrri útgáfu voru þær 50
- Loftslagsaðgerðir kortlagðar og metnar ítarlegar en áður hefur verið gert
- Grundvallarbreyting í nálgun stjórnvalda á verkefnið hvað varðar samtal við atvinnulíf og sveitarfélög um loftslagsmál sem er undirstaða áframhaldandi árangurs
- Áætlunin stuðlar með markvissari hætti en áður að samdrætti í losun gróðurhúsalofttegunda og aukinni bindingu kolefnis
- Aðgerðir sem búið er að meta benda til að Ísland geti náð 35–45% samdrætti í samfélagslosun fram til ársins 2030
- Aðgerðir sem miða að aukinni grænni orkuöflun hluti af aðgerðaáætlun í fyrsta sinn
- Aðgerðir sem snúa að réttlátum umskiptum, jafnrétti og velsæld til að gæta að því að samfélagsleg sátt ríki um aðgerðir stjórnvalda í loftslagsmálum
- Losun á beina ábyrgð Íslands hefur minnkað um 30% á hvern einstakling frá viðmiðunarári.<sup>1</sup>

Í nýju áætluninni segir að Orkuskipti þrjú (orkuskipti ökutækja, skipa og báta, auk flugvéla og ýmiss tækjabúnaðar) séu ein helsta áskorun samtímans á Íslandi. Er þar fjallað m.a. um heilsteypta stefnumótun um orkuskipti:

„Heildsteypt stefnumótun stjórnvalda um orkuskipti felur einna helst í sér stöðutöku og greiningu á framboði raforku og annarra endurnýjanlegra orkugjafa, nauðsynlegra hráefna og annarra virðisstrauma fyrir innlenda framleiðslu endurnýjanlegra orkugjafa, hentugleika íslenskra aðstæðna fyrir innlenda framleiðslu lífdísils til íblöndunar ásamt hráefnisgreiningu og stöðu nauðsynlegra innviða, s.s. flutnings- og dreifiveitu, hleðsluinnviða og áfyllingarinnviða annarra endurnýjanlegra orkugjafa. Bera skal einnig saman möguleikann á innlendri framleiðslu viðkomandi orkugjafa og innflutning þeirra. Þessi greining þarf að taka mið af eftirspurn á markaði vegna orkuskipta og því mikilvægt að hún sé unnin í nánú samstarfi með hagaðilum.“

Í áætluninni er enn fremur bent á aukna orkuöflun fyrir full orkuskipti:

„Orkuskipti þessi eru háð tækniþróun og framboði tækjabúnaðar og fjárfestingum í þeim, en tryggja þarf framboð af viðeigandi orkugjöfum. Leið Íslands að fullum orkuskiptum verður mætt í skrefum með aukinni orkuöflun, bættri orkunýtni, auknum orkusparnaði, tækniþróun og aflaukningu núverandi virkjana. Sviðsmyndir sem dregnar voru upp fyrir skýrsluna Stöðu og áskoranir í orkumálum sem út kom í mars 2022 sýna hversu mikil þessi orkuþörf er í samhengi við hvaða leiðir skuli farnar og hvaða tækni verði ríkjandi. Auk þess eru orkuskipti einn lykilþáttur í orkustefnu stjórnvalda til 2050 og samkvæmt henni skal unnið að orkuskiptum þannig að Ísland verði óháð jarðefnaeldsneyti á lofti, láði og legi.“

### 2.5.3. Orkuskipti og hringrásarhagkerfi

Hugmyndafræði hringrásarhagkerfisins felur í sér að leitast skal við að koma í veg fyrir að auðlindir verði að úrgangi með áherslum sem tryggja að hægt sé að viðhalda verðmætum auðlinda eins lengi og mögulegt er. Markmiðið er að lágmarka auðlindanotkun og þar með úrgangsmýndun. Helstu aðgerðir sem tryggja að auðlindum sé haldið í hagkerfinu eru að deila, gera við, endurnota, endurframleiða og endurvinnna.<sup>5</sup> Eigi slíkt kerfi að taka að einkenna atvinnuvegi er einboðið að orkuöflun til starfsemi í hringrásarhagkerfi byggji á nýtingu endurnýjanlegrar orku, þ.e. að orka til starfseminnar komi úr endurnýjanlegum orkulindum í takt við þróun orkuskiptanna. Meðferð úrgangs er eitt lykilatriði hringrásarhagkerfis. Hún stuðlar samhliða að minni losun GHG. Frammi fyrir uppbyggingu hringrásarhagkerfis hér á landi er brýnt að samhæfa aðgerðir við hana og aðgerðir vegna orkuskipta.

Einnig ber að nefna nauðsyn þess að samhliða orkuskiptum sé þess gætt að endurnýjanleg orka fái st til græns iðnaðar og matvælaframleiðslu ásamt nýsköpunarverkefnum sem eiga við hringrásarhagkerfi.

### 2.5.4. Ný aðgerðaáætlun fyrir orkuskipti

Í stjórnarsáttmála er gert ráð fyrir að lögð verði fram þingsályktunartillaga um orkuskipti og útfösun jarðefnaeldsneytis, þar sem settar verði fram aðgerðir og grunnur lagður að fullum orkuskiptum eigi síðar en 2040 og Ísland verði óháð jarðefnaeldsneyti fyrst þjóða.

Eins og gera má ráð fyrir nær meginþungi orkuskiptaáðgerða, sem hægt er að gera grein fyrir af nokkurri nákvæmni, til og með 2030. Aðgerðir á næsta áratug þar á eftir, eða fram yfir 2040, er mun langsóttara að orða af nákvæmni og tímasetja, en þær munu taka á sig æ skýrari myndir með hverju ári, m.a. í ljósi þróunar orkuskipta á heimsvísu og endurskoðaðra áætlana um þau og nýrra aðstæðna hér á landi. Mikilvægt er að markmið orkuskipta verði lögfest, eða um þau formlega ályktað á Alþingi í samræmi við þróun orku- og loftslagsmála í heiminum og framvindu orkuskipta og stefnu stjórnvalda hverju sinni. Í því sambandi skal bent á að markmið um að Ísland nái kolefnishlutleysi hefur verið lögfest hér á landi, sbr. lög nr. 95/2021. Í þessum lögum um loftslagsmál er mælt fyrir um aðgerðaáætlun í loftslagsmálum og aðlögun að loftslagsbreytingum. Ráðherra skipar verkefnisstjórn sem mótar tillögur að aðgerðum og hefur umsjón með að þeim sé hrundið í framkvæmd. Lögfesting markmiðs um full orkuskipti myndi byggja undir og tryggja árangursríkar orkuskiptaáðgerðir með svipuðum hætti. Enn fremur er það mat starfshópsins að samþætta eða sameina skuli aðgerðaáætlun um orkuskipti og aðgerðaáætlun í loftslagsmálum. Slík nálgun

---

<sup>5</sup> „Hringrásarhagkerfið“ <https://ust.is/hringrasarhagkerfi/graenn-lifstill/hringrasarhagkerfid/>

leggur grunn að nánari, heildrænni stefnumótun og yrði svo uppfærð reglulega með frekari útfærslum.

## 2.6 Niðurstöður og tillögur

Niðurstöður úr kafla 2 má draga saman sem eftirfarandi tillögur að verkefnum til úrlausnar:

1. Reglulegt endurmat fari fram á nýrri aðgerðaáætlun í orkuskiptum ásamt aðlögun að þróun orkuframleiðslu, orkuflutnings og orkutækni. Um leið verði metið hvort full orkuskipti náist 2040 eða síðar, og þá hvenær.
2. Markmið um full orkuskipti verði lögfest.
3. Endurmetin aðgerðaáætlun um orkuskipti verði jafnan samþætt innlendri aðgerðaáætlun í loftslagsmálum.
4. Skoðað verði hvernig samhæfa megji uppbyggingu hringrásarhagkerfis og aðgerðir vegna orkuskipta.
5. Samhliða orkuskiptum verði þess gætt að endurnýjanleg orka fái til græns iðnaðar og matvælaframleiðslu ásamt nýsköpunarverkefnum sem eiga við hringrásarhagkerfi.
6. Metið verði í samhengi við aðgerðir í loftslagsmálum hvort skýra þurfi lög og reglur um hagræna hvata kolefnisbindingar, vottun hennar og mælanleika í alþjóðlegu umhverfi.
7. Lögð verði fram markmið um kolefnisbindingu með ólíkum aðferðum.



## 3. Raforkukerfið og rammaáætlun

### 3.1. Yfirlit

Í þessum kafla er ritað um sérstöðu íslenska raforkukerfisins og lauslega um þróun þess. Einnig er gerð grein fyrir nokkrum stöðubáttum þessa kerfis eins og þeir hafa verið fáein undanfarin ár, svo sem aukinni eftirspurn, vandkvæðum við framboð raforku (m.a. léleg vatnsár á helstu virkjunarsvæðum vatnsafls) og fyrir flutningi frá framleiðslustað raforku í umsjón Landsnets. Fjallað er um nýjustu heildarraforkuspána (m.v. haustið 2024), sem er ein margra slíkra er hafa birst hjá stofnunum og samtökum eða eru samdar af sérfræðingum. Þá er birt yfirlit yfir skiptingu framleiðslufyrirtækja raforku í landinu og hvernig notkunin skiptist. Farið er yfir stöðu flutnings- og dreifikerfisins ásamt takmörkunum sem þar eru og hvaða framkvæmdir eru til skoðunar sem lausnir. Í undirkafla 3.8 er farið yfir rammaáætlun og stöðu orkukosta í árslok 2023 (3. og 4. áfanga áætlunarinnar) og greint hvernig þörf vindorkuvera fyrir jöfnunarafl rímar við núverandi orkukosti í grundvallaratriðum. Nánar er farið yfir sviðsmyndir orkueftirspurnar vegna orkuskipta, og spurninguna um jöfnunarafl vindorku, í 7. kafla skýrslunnar. Niðurstöður og tillögur eru aftast í kaflanum (3.11).

### 3.2. Sérstaða íslenska raforkukerfisins

Íslenska raforkukerfið er einstakt á margan hátt. Það byggir að öllu leyti á endurnýjanlegri orku, vatnsorku og jarðhita, auk þess sem 80% orkunnar fara til stórnotenda, þ.e. notenda sem nota innan þriggja ára á einum stað a.m.k. 80 GWst á ári. Þessi sérstaða hefur gert samfélaginu kleift að klára tvenn orkuskipti á síðustu öld líkt og áður hefur verið vikið að. Þessari sérstöðu fylgja miklar áskoranir.





**Mynd 6. Stífla í Hafnarfirði.** *Ljósmyndasafn Reykjavíkur/ Sigurhans Vignir*



### Rafvæðing á Íslandi

Nokkuð snemma var farið að hyggja að rafvæðingu á Íslandi. Fyrsta smávirkjunin var byggð árið 1904 við Lækinn í Hafnarfirði. Á þriðja tug aldarinnar bættist við margfalt stærri Elliðaárvirkjun í Reykjavík með raforkuframleiðslu fyrir heimili, smáíðnað og götulýsingu. Á 4. áratugnum bættust við enn stærri vatnsaflsvirkjanir við Sogið og Laxá í Aðaldal og heldur minni virkjanir á fleiri stöðum. Rafmagnsveitur ríkisins sáu um allan helsta reksturinn. Enn fjölgaði svipuðum virkjunum á 5. og 6. áratugunum, nú á Vesturlandi, Vestfjörðum, Suðurlandi og Austurlandi. Má heita að þessi þróun hafi náð allt til gangsetningar Steingrímsstöðvar við Efra-Sog árið 1959. Flutnings- og dreifikerfið þróaðist í takt við uppbygginguna. Hún miðaði fyrst og fremst við að þjóna heimilum og atvinnulífi þessa tímabils, eftir landshlutum. Þjónustan einkenndist nokkuð af truflunum og orkuskorti með köflum.

Með stofnun Landsvirkjunar 1965, fyrirtækis í samfélagseigu, var bæði stefnt að því að auka raforkuframboð og raforkuöryggi. Stefnumótunin samhliða laut að því að margfalda raforku framleidda með vatnsafla og setja stóran hluta hennar á markað sem væri opin fyrir erlendar fjárfestingar í orkufrekum iðnaði og fjölga þar með stöðum undir atvinnulífið. Fyrst stærri virkjana var Búrfellsvirkjun (1969) og þar á eftir bættust fleiri virkjanir við á sama vatnasviði og á Austurlandi. Samtímis voru raflínakerfin tvö efld og þar af flutningskerfið í umsjá Landsvirkjunar. Þegar á 8. áratug síðustu aldar var tekið til við að byggja fyrsta jarðvarmaorkuverið, Kröflustöð (1975), og þaðan í frá hafa fjögur önnur slík raforkuver bæst við. EES-samningnum við Evrópusambandið fylgdi ákvörðun um að skilja að framleiðslu, flutning, dreifingu og sölu raforku. Var þá Landsnet stofnað með lögum (2004) og er fyrirtækið í opinberri eigu.

Í samantekt Orkustefnu til 2050 segir um raforkukerfið:

*„Orkukerfið styður við hagsæld landsins með því að vera samkeppnishæft og skilvirkt, lúta frjálsum markaðslögmálum og stuðla að verðmætasköpun.“*

Ísland er ekki tengt við önnur lönd með rafstreng, en er þó hluti af markaði Evrópska efnahagssvæðisins fyrir raforku í gegnum EES-samninginn. Um 80% af raforkunni eru seld til stórnotenda og um 20% til almennra notenda. Þessi hlutföll eru ólík því sem gerist í flestum öðrum löndum. Ísland verður fyrir áhrifum frá erlendum raforkumörkuðum með óbeinum hætti vegna eftirspurnar, t.d. alþjóðlegra fyrirtækja. Sögulega séð hefur það verið orkusækinn iðnaður sem sýnt hefur því áhuga að staðsetja starfsemi sína hér á landi. Lengst af voru það álbræðslur og járnblendi sem sóttust eftir raforkunni, en síðustu ár hafa fleiri notendur bæst í hópinn, þar á meðal gagnaver og matvælaíðnaður.

Eitt fyrirtæki, Landsvirkjun, er með 72% af uppsettu afli á landinu og 73% af allri raforkuframleiðslu. Vatnsafl er um 90% vinnslukerfisins. Uppsett afl er hönnuð afkastageta virkjana Landsvirkjunar, 2160 MW. Hluti þess afli er skuldbundinn í

kerfisþjónustu og tapast í vinnslukerfinu. Því er nettó tiltækt afl í kerfinu að jafnaði 1900 MW. Raforkuframléiðsla jarðvarmavirkjana sem hófst árið 1969 hefur aukist mjög undanfarin ár og var tæplega 30% af allri vinnslu árið 2022 eða um 5916 GWst. Heildarraforkuvinnsla árið 2023 var alls 20.243 GWst.

Uppsett afl kerfisins er í dag 3005 MW. Samtals er nýtingarhlutfall raforkuvinnslu 2023 78,2%.<sup>6</sup>

### 3.3. Vandasöm staða raforkukerfisins

Mikil eftirspurn er eftir raforku á Íslandi og raforkukerfið komið að þolmörkum. Á sama tíma og eftirspurn frá stórnotendum hefur aukist er aukin eftirspurn vegna orkuskipta og aukins vaxtar í samfélaginu. Aukin græn orkuframléiðsla er forsenda áframhaldandi lífskjara á Íslandi og þess að Ísland nái loftslagsmarkmiðum sínum og markmiði um kolefnishlutleysi, auk þess að framkvæma þriðju orkuskiptin. Mikil eftirspurn er eftir raforku og áform uppi um starfsemi sem krefst mikillar raforku, til dæmis landeldi, ylrækt, þörunaræktun, efnavinnsla og framleiðsla rafeldsneytis. Vaxandi eftirspurn í raforkukerfinu er að mestu komin til vegna þessara „smærri“ stórnotenda.

Staðan í kerfinu hefur verið flókin um nokkurn tíma og orkuskortur orðinn viðvarandi. Á tímabilinu 2023–2024 hefur minni úrkoma á hálendinu valdið því að uppistöðulón hafa ekki fyllst. Að auki er samtenging flutningskerfisins ekki fullunnin og ekki hægt að flytja næga orku þangað sem eftirspurnin er mest, þ.e.a.s. á suðvesturhorni landsins (strönduð orka). Raforkukerfið er því ekki eins viðbúið áföllum til skemmri eða lengri tíma líkt og Orkustefna til 2050 gerir ráð fyrir. Svigrúm til viðhaldsstöðvana er lítið og Landsvirkjun hefur þurft að grípa til skerðinga til stórnotenda á tímabilinu með tilheyrandi kostnaði fyrir samfélagið.

Á Íslandi er orkuskortur sem verður viðvarandi til 2030 ef ekki verður hafist handa við aukna orkuöflun með hraði. Nýleg raforkuspá Landsnets lýsir þróun á framboði og eftirspurn raforku hér á landi fram til ársins 2060. Í spánni er dregin upp mynd þar sem stjórnvöld ná ekki loftslagsmarkmiðum sínum í tæka tíð og líkur eru taldar á aflskorti yfir nánast allt tímabilið með tilheyrandi orkuóöryggi og verðhækkunum. Að sama skapi gerir ný orkuspá Orkustofnunar ráð fyrir skerðingum til lengri tíma í slæmum vatnsárum. Birtingarmynd orkuskortsins er tvíþætt, til skemmri tíma munu *öfug orkuskipti*, þar sem olíu er brennt í smærri iðnaði og sjávarútvegi í stað þess að nota raforku, gera að engu allan þann markverða loftslagsávinning sem hefur náðst á undanförunum árum og kann að kosta stjórnvöld milljarða á ári. Hin birtingarmyndin og sú sem mun taka lengri

---

<sup>6</sup> Útgefið talnaefni Orkustofnunar um raforku, <https://orkustofnun.is/upplýsingar/talnaefni/raforka>

tíma að raungerast er glötuð tækifæri fyrir íslenskt efnahagslíf og skert samkeppnishæfni íslenskra fyrirtækja og lífskjör almennings.

#### **Þjóðhagslegt tap vegna orkuskerðinga**

Samtök iðnaðarins lögðu mat á þjóðhagslegt tap vegna orkuskerðinga á árinu 2023. Stjórnendur fyrirtækja í orkusæknum iðnaði telja að 14–17 ma.kr. útflutningstekjur þjóðarbúsins hafi tapast vegna skerðingar Landsvirkjunar á raforku. Tapaðar útflutningstekjur vegna skerðinganna eru 3,7–4,5% af útflutningstekjum orkusækisins iðnaðar.<sup>1</sup>

Gera má ráð fyrir því að kostnaður við skerðingar fari vaxandi á næstu árum, hvort sem áætlanir um framkvæmdir í raforkukerfinu haldi áætlun eða tefjist enn frekar. Þó skiptir máli að áætlanir nái fram að ganga því kostnaðurinn vex hraðar ef framgangur nýrra virkjana og styrking flutningskerfisins tefst áfram.

Flutningstakmarkanir eru meiri háttar vandamál fyrir raforkukerfið sem birtast t.a.m. í því að Blönduvirkjun sem hefur uppsett afl 150 MW hefur aldrei verið rekin á fullum afköstum því flutningsgetan á milli Norður- og Suðurlands er í dag 130 MW. Flutningstakmarkanir í kerfinu eru skilgreindar út frá svokölluðum sniðum sem ákvarðast af tveimur eða fleiri flutningslínunum sem mynda flöskuháls inn eða út af tilteknu svæði eða landshluta. Þessir flöskuhálsar hafa áhrif á það hvernig hægt er að nýta uppsett afl virkjana að fullu og eins geta sveiflur í vatnsbúskap haft mikil áhrif á afhendingu raforku.

Flutningstöp eru sú raforka sem tapast vegna viðnáms í raflínum og spennunum í flutningskerfinu, um 2% allrar raforku eða 400 GWst sem fara inn á kerfið tapast þannig og ná ekki til notenda.

Töluverðar umræður og deilur hafa verið um skiptingu tekna af raforkuframleiðslu, raforkuflutningi og raforkudreifingu á milli ríkis og sveitarfélaga og lagasetningu þar að lútandi. Sú vinna er þegar hafin. Auknar tekjur sveitarfélaga af orkuvinnslu og orkuflutningi greiða fyrir orkuöflun í þágu loftslagsmarkmiða og orkuskipta. **Lausn þessara mála má telja forsendu fyrir ábyrgri nýtingu vindorku.**

### **3.4. Aukin eftirspurn vegna orkuskipta**

Samkvæmt raforkuspá Landsnets mun raforkuþörf aukast um 21.811 GWst til ársins 2050 sem er rúmleg tvöföldun á núverandi notkun sem yrði þá meira en 40 TWst í lok tímabilsins. Landsnet telur að þessi gríðarlega raforkuþörf komi að miklu leyti til vegna orkuskipta, eða um 70%. Orkuþörf heimila, verslunar og þjónustu, eigin notkunar virkjana og flutningstöp eru einungis 8%. Það leikur því enginn vafi á því að orkuskipti munu keyra áfram þróun og vöxt raforkukerfisins

næstu áratugin. Við því verður að bregðast og í þessari skýrslu er sett fram efni (niðurstöður greininga og tillögur) í orkuskiptaáætlun fyrir Ísland, ásamt ramma að þeim, annars vegar fram til 2030 og hins vegar fyrir árin þar á eftir til 2040. Aðgerðirnar sem þar eru lagðar til eru kerfislæggar og til þess fallnar að undirbúa raforkukerfið fyrir þennan vöxt.

Samkvæmt orkuspá Orkustofnunar mun raforkunotkun aukast um 6–20 TWst til ársins 2050 en raforkunotkun í dag er rúmlega 20 TWst. Árleg orkuskipti almennrar notkunar aukast um allt að 2,5 TWst á tímabilinu og rafeldsneyti nær allt að 10 TWst á ári. Þannig verða orkuskipti 30–60% af aukningu raforkunotkunar til ársins 2050 og hlutdeild almennrar notkunar á bilinu 20–27% af heildarnotkun árið 2050. Til ársins 2035 er lítil óvissa um almenna orkunotkun, en Orkustofnun gerir ráð fyrir að hún aukist um 3–4 TWst á tímabilinu 2023–2035.

### 3.5. Breyttur vatnabúskapur

Hér að framan var vikið að lélegum vatnsbúskap í miðlunarlónum Landsvirkjunar. Undanfarin þrjú ár hefur vatnsbúskapur Landsvirkjunar verið undir meðallagi og fyrirtækið hefur þurft að grípa til skerðinga á afhendingu skerðanlegrar raforku. Í samningum Landsvirkjunar við stórnotendur eru ákvæði sem heimila slíka takmörkun á afhendingu við ákveðnar aðstæður. Samningar um skerðanlega raforku hafa verið taldir nauðsynlegt og mikilvægt úrræði til að tryggja sem besta nýtingu vatnsorkuauðlindarinnar þegar nægilegt innrennsli er í lónin.

Veturinn 2023–2024 var staða miðlunarlóna í sögulegu lágmarki. Strax í byrjun desember þurfti að skerða afhendingu til fiskimjölsframleiðenda og fiskþurrkana, auk gagnavera sem voru með skerðingarákvæði í samningum sínum. Í byrjun árs 2024 var afhending skert til fjarvarmaveitna og stórnotenda, þ.e. Elkem, Norðuráls og Rio Tinto. Í febrúar var svo tilkynnt um skerðingar á norður- og austurhluta landsins en þær náðu til álvers Alcoa Fjarðaáls, kísilvers PCC Bakka og TDK álþynnuverksmiðjunnar. Hlýnandi veðurfar í maí bætti vatnsstöðu lóna á Suðurlandi og leiddi til þess að skerðingum á afhendingu raforku var hætt. Haustið 2024 tilkynnti Landsvirkjun um skerðingar til stórnotenda á norður- og austurhluta landsins auk fyrr boðaðra skerðinga hjá stórnotendum á suðvesturhluta landsins. Að sögn Landsvirkjunar er ekki hægt að sjá fyrir hversu lengi téðar skerðingar muni standa, en þó megi reikna með að það verði fram á vor 2025. Landsvirkjun hefur jafnframt hvatt stórnotendur til að draga úr álagi og skoða mögulega endursölu á rafmagni í þeim tilgangi. Ástæða þessa sé, nú sem fyrr, slæm staða miðlunarlóna. Þórisvatn hafi verið langt frá því að fyllast um haustið og niðurdráttur lónsins mjög eindreginn. Sumarið hafi verið þurrt og kalt á hálendinu og bráðnun jökla lítil. Á sama tíma hafi staðið yfir stöðugur flutningur

raforku frá Norður- og Austurlandi til suðurs í þeim tilgangi að jafna miðlunarstöðu milli landshluta.<sup>7</sup>

### 3.6. Staða og nýting raforkuframleiðslu í árslok 2023

Undanfarinn rúman áratug hafa viðbætur við raforkuframleiðslu landsins verið af þrennum toga: Smávirðjanir skila viðbótarraforku með vatnsafla (undir 10 MW), afl vatnsafls- og jarðvarmavirkjana sem fyrir eru hefur verið aukið og ný jarðvarmavirkjun að Þeistareykjum hóf starfsemi 2017.

Við síðustu áramót (2023 – 2024) var heildarraforkuvinnslan 20.122 GWst. Orkuvinnslan er jafnan lægst í febrúar ár hvert en hæst í desember; að sögulegu meðaltali 1677 GWst á mánuði. Helstu raforkuframleiðslufyrirtækin eru sex talsins, sjá töflu með upplýsingum um uppsett afl stöðva, orkuframleiðslugetu o.fl. Afltölur skiptast þannig á milli orkuauðlinda: Vatnsafl er 2105 MW (72%), jarðvarmi 758 MW (26%) og vindur 2 MW en rafafli sem fengið er með smávirðjunum einkaaðila nær um 2% heildarinnar. Hér er framleiðsla raforku með jarðefnaeldsneyti ekki tekin með í reikninginn en hún er lítil miðað við heild.

Notkun raforkunnar við síðustu áramót skiptist með þessum hætti: Alcoa 4792 GWst (24%), Norðurál 4567 GWst (22%), Rio Tinto/Alcan 3183 GWst (16%), Elkem 963 GWst (5%), annar orkufrekur iðnaður 1832 GWst (9%) og almennur markaður og flutningstöp 4785 GWst (25%).

---

<sup>7</sup> „Auknar skerðingar í erfiðu árferði“, <https://www.landsvirkjun.is/frettir/auknar-skerdingar-i-erfidu-arferdi>

Tafla 3. Staða og nýting raforkuframleiðslu í árslok 2023.<sup>8</sup>

		Gangs.	MW	GWh	Hlutfall heildar	Nýt. hlutf.									
Landsvirkjun	Kárahnjúkavirkjun	2007	690,0	5.059	25,1%	83,7%	Orkubú Vestfjarða	Mjólka 3	1958	11,2	72	0,4%	73,7%		
Landsvirkjun	Búrfellsvirkjun	1969	270,0	1.825	9,1%	77,2%	Orkubú Vestfjarða	Fossárvirkjun	2015	1,2	6	0,0%	56,5%		
Landsvirkjun	Hrauneyjafossvirkjun	1981	210,0	1.243	6,2%	67,6%	Orkubú Vestfjarða	Nónhornsvatnsvirkjun	1937	1,2	1	0,0%	8,9%		
Landsvirkjun	Sigölduvirkjun	1977	150,0	904	4,5%	68,8%	Orkubú Vestfjarða	Tungudalsvirkjun	2006	0,7	5	0,0%	74,7%		
Landsvirkjun	Blöndustöð	1991	150,0	912	4,5%	69,4%	Orkubú Vestfjarða	Reiðhjallavirkjun	1958	0,5	2	0,0%	43,7%		
Landsvirkjun	Sultartangavirkjun	1999	120,0	964	4,8%	91,7%	Orkubú Vestfjarða	Blævardalsárvirkjun	1975	0,3	2	0,0%	65,9%		
Landsvirkjun	Búrfellsvirkjun II	2019	100,0	853	4,2%	97,4%	Orkubú Vestfjarða	Mýrarvirkjun	1965	0,1	0	0,0%	66,2%		
Landsvirkjun	Búðarhálsvirkjun	2013	95,0	631	3,1%	75,8%				<b>15,1</b>	<b>87,7</b>				
Landsvirkjun	Vatnsfellsvirkjun	2001	90,0	382	1,9%	48,5%	Fallorka ehf	Glerárvirkjun 2	2018	3,3	25	0,1%	88,1%		
Landsvirkjun	Írafossstöð	1953	47,8	283	1,4%	67,6%	Fallorka ehf	Djúpadalsvirkjun 1	2004	1,9	19	0,1%	116,3%		
Landsvirkjun	Laxarstöð 3	1939	27,5	175	0,9%	72,7%	Fallorka ehf	Glerárvirkjun 1	2005	0,3	2	0,0%	63,0%		
Landsvirkjun	Steingrímsstöð	1959	26,4	153	0,8%	66,4%	Fallorka ehf	Grímséjarmyllur	2022	0,0	0	0,0%	2,6%		
Landsvirkjun	Ljósafossstöð	1937	14,6	108	0,5%	84,3%				<b>5,5</b>	<b>46,3</b>	<b>0,2%</b>	<b>95,9%</b>		
Landsvirkjun	Þeistareykjavirkjun	2017	90,0	766	3,8%	97,2%	Orkusalan ehf	Lagarfossvirkjun	2007	19,2	153	0,8%	90,8%		
Landsvirkjun	Kröfluvirkjun	1978	60,0	450	2,2%	85,6%	Orkusalan ehf	Skeiðsfossvirkjun	1945	4,8	28	0,1%	66,8%		
Landsvirkjun	Bjarnarflag	1969	5,0	39	0,2%	89,3%	Orkusalan ehf	Grímsárvirkjun	1958	2,8	21	0,1%	84,6%		
Landsvirkjun	Hafið	2013	1,8	6	0,0%	36,3%	Orkusalan ehf	Rjúkandavirkjun	1954	1,7	13	0,1%	88,6%		
			<b>2.148,1</b>	<b>14.755</b>	<b>73,3%</b>	<b>78,4%</b>	Orkusalan ehf	Smyrlabjargaárvirkjun	1969	1,3	8	0,0%	74,4%		
HS Orka	Brúarvirkjun	2020	9,9	90	0,4%	103,3%	Orkusalan ehf	Fjarðarselsvirkjun	1913	0,2	0	0,0%	0,0%		
HS Orka	Reykjanesvirkjun	2006	100,0	645	3,2%	73,6%				<b>29,9</b>	<b>223,1</b>	<b>1,1%</b>	<b>85,1%</b>		
HS Orka	Svartsengi	1977	76,4	585	2,9%	87,4%		Hlutfall MW	Hlutfall GWh						
			<b>186,3</b>	<b>1.319,8</b>	<b>6,6%</b>	<b>80,9%</b>	Landsvirkjun	73,2%	73,3%	2.148,1	14.755,0	73,3%	78,4%		
Orka Náttúrunnar	Andakilsárvirkjun	1947	8,2	33	0,2%	46,1%	Orka Náttúrunnar	14,7%	17,2%	431,2	3.461,9	17,2%	91,7%		
Orka Náttúrunnar	Hellisheiðarvirkjun	2006	303,0	2.414	12,0%	91,0%	HS Orka	6,3%	6,6%	186,3	1.319,8	6,6%	80,9%		
Orka Náttúrunnar	Nesjavallavirkjun	1998	120,0	1.015	5,0%	96,5%	Orkusalan	1,0%	1,1%	29,9	223,1	1,1%	85,1%		
			<b>431,2</b>	<b>3.461,9</b>	<b>17,2%</b>	<b>91,7%</b>	Orkubú Vestfjarða	0,5%	0,4%	15,1	87,7	0,4%	66,2%		
							Fallorka	0,2%	0,2%	5,5	46,3	0,2%	95,9%		
							Aðrir/annað	4,1%	1,1%	119,8	228,5	1,1%	21,8%		
										<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>2.936,0</b>	<b>20.122,3</b>	<b>100,0%</b>	<b>78,2%</b>

### 3.7. Staða flutnings- og dreifikerfis í árslok 2023

Um flutningskerfi raforku gilda ákvæði raforkulaga um kerfisáætlun sem setur fram áætlun um uppbyggingu þess og kynnt er hagaðilum, almenningi, sveitarfélögum o.fl. Kerfisáætlun er yfirfarin reglubundið af Raforkueftirliti Orkustofnunar sem jafnframt leitar umsagna um hana. Í framkvæmd kerfisáætlunar felst ítarlegur undirbúningur, m.a. með framsetningu valkosta fyrir flutningsleiðir. Kerfisáætlun hefur sterka stöðu gagnvart skipulagi sveitarfélaga þar sem þeim er ætlað að laga skipulag sitt að samþykktri áætlun. Landsnet rekur flutningskerfið.

<sup>8</sup> Orkugreiningarskýrsla 2023

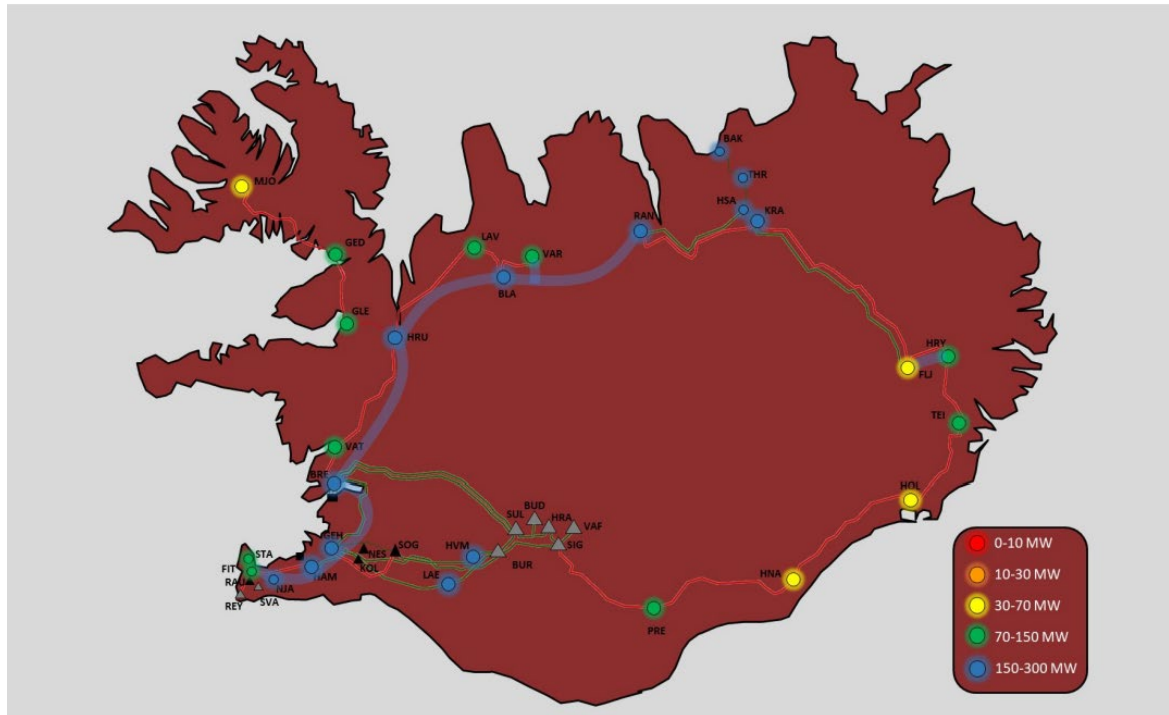
**Starfshópurinn aflaði upplýsinga frá Landsneti og fékk eftirfarandi svör:**

„Flutningstakmarkanir í kerfinu eru skilgreindar út frá svokölluðum sniðum sem ákvarðast af tveimur eða fleiri flutningslínunum sem saman mynda flöskuháls inn á eða út af ákveðnu svæði eða landshluta. Megintilgangur með skilgreiningu sniðanna er að fylgjast með því að aflflutningur um sniðið verði ekki það mikill að einföld truflun valdi óstöðugleika í kerfinu, eða kerfishruni. Flutningur innan þessara svokölluðu stöðugleikamarka sniðanna tryggir að kerfisreksturinn haldist stöðugur við einfalda truflun og ekki þurfi að skerða raforku til notenda. Flutningstakmarkanir í gegnum snið miðast oftast við flutningsgetu þeirrar línu sem minnsta flutningsgetu hefur af þeim línunum sem sniðið sker. Þessir flöskuhálsar eða snið hafa áhrif á það hvernig hægt er að nýta uppsett afl virkjana að fullu og eins geta sveiflur í vatnsbúskap uppistöðulóna milli ára haft áhrif á afhendingu raforku þar sem flutningssnið geta takmarkað möguleika á að flytja raforku milli landshluta. Um árabíl hafa flutningstakmarkanir og óstöðugleiki verið vandamál í rekstri byggðalínunnar og hafa skerðingar á orkuafhendingu aukist ár frá ári og er fyrirsjáanlegt að þessar skerðingar munu halda áfram að aukast.

Ljóst er að orkuskiptin og breytilegir orkugjafar munu setja auknar kröfur á kerfið og frábrugðnar því sem við þekkjum. Við erum að ýta úr vör verkefni sem snýr að því að endurmeta forsendur og endurmóta það flutningskerfi sem þarf til að standa undir þeim breytingum sem fyrirséðar eru til þess að umfjöllun kerfisáætlunar endurspegli stærðargráðu orkuskiptanna.

Meðal þeirra framkvæmda sem munu verða til skoðunar eru 220 kV tenging suður fyrir jökla, frá Fljótsdal í Sigöldu, tenging yfir miðhálendið (riðstraums- eða jafnstraumstenging), 400 kV spennuhækkun á suðvesturhorninu og mögulega tvöfaldanir á 220 kV spennustigi þar sem flutningstakmarkanir eru fyrirsjáanlegar. Langtímaáætlanir Landsnets til 2040 gera ráð fyrir 220 kV tengingu suður fyrir jökla.“

Ef 10 ára áætlun um þróun meginflutningskerfisins eins og henni er lýst hér að framan nær fram að ganga mun blasa við raforkunotendum og framleiðendum gjörbreytt staða hvað varðar tiltæka afhendingargetu. Til að leggja mat á tiltæka afhendingargetu í lok áætlunarinnar hafa verið framkvæmdar kerfisrannsóknir og er niðurstaða þeirra birt á mynd:



Mynd 7. Áætluð aflgeta flutningskerfisins eftir áratug ef áætlanir ganga eftir.

### 3.8. Rammaáætlun og staða orkukosta í árslok 2023

Framboð af nýjum orkukostum á næstu árum ræðst að mestu leyti af framgangi rammaáætlunar á Alþingi. Í júní 2022 var samþykkt þingsályktunartillaga um 3. áfanga rammaáætlunar. Tillagan var samþykkt með þeim breytingum að fjórir virkjunarkostir í Héradsvötnum í Skagafirði voru færðir úr verndarflokki í biðflokk en Skrokkalda og Holta- og Urriðafossvirkjanir í neðri hluta Þjórsár fluttust úr nýtingarflokki í biðflokk. Búrfellslundur, í þeirri útfærslu sem lögð var fram í 4. áfanga rammaáætlunar, var auk þess fluttur úr biðflokki í orkunýtingarflokk. Auk þess hafa verið felldir út úr tillögunni 28 virkjunarkostir sem lagðir voru fram af Orkustofnun á sínum tíma og sem engir virkjunaraðilar stóðu á bak við. Helstu stærri virkjunarframkvæmdir sem eru í undirbúningi eru Hvammsvirkjun og Búrfellslundur en auk þess er unnið að stækkun Svartsengis.

Í júní 2022 voru samþykktar breytingar á lögum um verndar- og orkunýtingaráætlun. Með frumvarpinu var lögð til breyting á gildissviði laga um verndar- og orkunýtingaráætlun með þeim hætti að áætlunin tæki ekki til stækkana á virkjunum sem þegar væru í rekstri og sökum stærðar féllu undir lögin, svo framarlega sem stækkunin fæli ekki í sér rask á öröskuðu svæði. Með því að undanskilja stækkanir á virkjunum sem eingöngu hafa áhrif á það landsvæði sem þegar er búið að taka ákvörðun um að heimila nýtingu á verður hægt að hraða framkvæmdum til að auka afkastagetu þeirra virkjana sem þegar eru í rekstri. Í 4. áfanga rammaáætlunar fékk verkefnisstjórn til umfjöllunar fjóra virkjunarkosti sem fólu í sér stækkanir þegar starfræktra virkjana. Var þar um að ræða þrjár vatnsaflsvirkjanir á Þjórsár-/Tungnaásvæðinu og



jarðvarmavirkjunina í Svartsengi. Samtals hugðist Landsvirkjun, sem rekur vatnsaflsvirkjanirnar þrjár, auka uppsett afl virkjananna um 210 MW og áætlað var að samanlögð orkuvinnslugeta myndi aukast um 25–42 GWst á ári. Í Svartsengi hljóðuðu áformin upp á aflaukningu um 50 MW og samsvarandi aukningu í orkuvinnslugetu upp á 410 GWst á ári.

### 3.8.1. Yfirlit yfir vatnsafls- og jarðvarmakosti í ferli

Skýrsla um stöðu og áskoranir í orkumálum kom út í mars 2022 og sýndu sviðsmyndir hennar fram á mismikla þörf fyrir orkuöflun á komandi áratugum til að tryggja orkuöryggi landsmanna, sem og til að mæta eftirspurn vegna orkuskipta og jafnvel svonefnds græns iðnaðar.

Vatnsafl til raforkuframleiðslu hefur ekki verið umdeilt sem slíkt en deilt hefur verið um hvar og hve mikið afl þurfi að eða megi virkja. Ólíkir hagsmunir valda þar miklu sem og ólík afstaða til þess hvað er ásættanlegt umhverfisálag slíkra virkjana. Vatnaflsvirkjanir bera uppi raforkuframleiðsluna og telja má að rúm til viðbótar frammi fyrir álitum almennings sé ekki af svipaðri stærðargráðu og þegar virkjað vatnsafl var meginstöð í raforkuöflun landsins. Lög um áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða (rammaáætlun) hafa verið undirstaða starfs verkefnisstjórna fjögurra áfanga og faghópa þeirra. Niðurstöður verkefnisstjórnar 3. áfangans og niðurstaða eftir meðferð Alþingis á þeim 2022 benda til þess að tiltölulega fáir orkukostir með vatnsaflum séu til reiðu. Nýjar vatnsaflsvirkjanir í orkunýtingarflokki samkvæmt 3. áfanga rammaáætlunar, eins og Alþingi samþykkti þingsályktunartillögu um hann 2022, eru sjö talsins. Frammi fyrir verkefnisstjórn 5. áfanga liggja fjórar tillögur um nýjar vatnsaflsvirkjanir og þrjár stækkunir starfandi virkjanir á vatnasviði Þjórsár/Tungnaár. Kemur þar aukin bráðnun jökulíss við sögu. Rennsli jökulvatna eykst upp að vissu hámarki við samdrátt jökulþekju á vatnasviði stærstu jökla landsins en minnkar svo allhratt eftir það.

Samkvæmt lögum um rammaáætlunina eru smávirksflokkur sem spannar allt frá litlum heimavirkjunum upp í vatnsaflsvirkjanir með allt að 9,9 MW vatnsaflum. Gera má ráð fyrir að smávirksflokkur á aflbili 3 MW til tæplega 10 MW muni fjölga. Þær stærri í þessum flokki styðjast sumar við miðlunarlón og geta nýst t.d. sem virkjanir til að veita jöfnunar afl til vindorkuvera. Umhverfisáhrif virkjana í þessum stærðarflokki (3–9,9 MW) eru jafnan töluverð. Þess vegna er eðlilegt að endurmeta stöðu þeirra í lögum. Stækkun virkjana í þessum flokki getur komið til álita, þ.e. afl aukið yfir 10 MW. Endurskoðunin gæti einnig tekið til þess með hvaða hætti stækkun geti fallið að lögum.

Tafla 4. Orkukostir í nýtingarflokki 3. áfanga rammaáætlunar.

Virkjunarkostur	Tegund orkuvinnslu	Uppsett afl, MW	Orkuvinnslugeta, GWst/ári	Hagkvæmni-flokkun
Hvalárvirkjun	Vatnsafl	55	320	5
Veituleið Blönduvirkjunar	Vatnsafl	31	194	5
Hvammsvirkjun	Vatnsafl	93	720	4
Austurgilsvirkjun	Vatnsafl	35	175	5
Stóra-Sandvík	Jarðhiti	50	401	4
Eldvörp (Svartsengi)	Jarðhiti	50	401	4
Sandfell, Krýsuvík	Jarðhiti	100	820	3
Sveifluháls	Jarðhiti	100	820	3
Austurengjar	Jarðhiti	100	820	3
Meitillinn	Jarðhiti	45	369	3
Hverahlíð II	Jarðhiti	90	738	-
Þverárdalur	Jarðhiti	90	738	4
Bjarnarflagsvirkjun	Jarðhiti	90	756	3
Kröfluvirkjun - stækkun	Jarðhiti	150	1260	4
Búrfellslundur	Vindorka	120	440	4
Blöndulundur	Vindorka	100	350	4

Tafla 5. Tillaga verkefnisstjórnar rammaáætlunar að orkukostum í nýtingarflokki í 4. áfanga rammaáætlunar.

Virkjunarkostur	Tegund orkuvinnslu	Uppsett afl, MW	Orkuvinnslugeta, GWst/ári	Hagkvæmni-flokkun
Hvanneyrardalsvirkjun	Vatnsafl	13,5	80,2	6
Vatnsfellsstöð – stækkun	Vatnsafl	55	10-20	-
Sigöldustöð – stækkun	Vatnsafl	65	6-10	-
Hrauneyjafossstöð – stækkun	Vatnsafl	90	9-12	-
Tröllárvirkjun	Vatnsafl	13,7	82,2	5
Svartsengi – stækkun	Jarðhiti	50	410	3
Vindheimavirkjun	Vindorka	40	130	3
Vindorkugarður í Garpsdal	Vindorka	88,2	366,3	1
Alviðra	Vindorka	50	108	1

Þarft er að geta þess að verkefnisstjórn 4. áfanga hafði mótað tillögur um flokkun allmargra orkukosta í orkunýtingarflokk eða biðflokk þegar afrakstur hennar var sameinaður 5. áfanga undir nýrri verkefnisstjórn sem m.a. fékk það verkefni að endurmeta nokkra virkjunarkosti og röðun þeirra í orkunýtingar- og biðflokk (sjá töflu 6).

Jarðvarmavirkjanir hafa reynst mikilvægar í orkubúskap landsins. Má telja viðhorf til þeirra almennt jákvætt, einkum eftir að niðurdæling hófst á afrennsli þeirra og kvikugösum og framleiðsla á hitaveituvatni er stunduð með raforkuframleiðslunni og varmaorkan þar með betur nýtt en ella. Heldur fleiri jarðvarmakostir hafa undanfarið hlotið afgreiðslu í orkunýtingarflokk eða biðflokk rammaáætlunarinnar en vatnsaflskostir og fyrsta vindorkukostinn í nýtingarflokki er að finna í samþykktum 3. áfanga rammaáætlunar. Í nýtingarflokki samkvæmt 3. áfanga rammaáætlunar eru 10 nýjar jarðvarmavirkjanir. Frammi fyrir verkefnisstjórn 5. áfangans liggja svo tveir nýir jarðvarmakostir, auk stækkunar einnar starfandi jarðvarmavirkjunar, í Svartsengi. Flestar nýjar jarðvarmavirkjanir í nýtingarflokki eru á Reykjanesskaga. Vegna mikillar óvissu um framhald nýs óróatímabils á svæðinu er hins vegar alls óvíst hverjar virkjananna teljist vænlegar og hvort áhættumat hafi þær afleiðingar að einhverjar þeirra komi ekki við sögu orkuskipta. Í því sambandi verður einnig að líta til þess að oftast tekur upp undir áratug að byggja upp jarðvarmavirkjun í skrefum til fullra afkasta.

### 3.8.2. Yfirlit yfir vindorku- og sjávarvarkosti í ferli

Að frátöldum tilraunavindmyllum Landvirkjunar nálægt Búrfelli hafa engar stórar vindmyllur eða stór vindorkuver verið reynd hér á landi. Ekki er ljóst hvernig álit almennings skiptist á milli ólíkra skoðanahópa, t.d. þeirra sem eru algjörlega andvígir vindorkuverum með myllum með aflgetu 1–2 MW eða meira, þeirra sem hugnast slíkt með ýmsum skilyrðum og loks þeirra sem telja stórar vindmyllur og vindmylluþyrpingar eiga fullan rétt á sér. Telja má að almenningsálitnið, þegar um er að ræða jafn mikla breytingu í orkuöflun og vindmylluþyrpingar bera með sér, sé háð þáttum sem varða beinan hag fólks, og svo umhverfisvernd. Sýnileiki tækjanna skiptir þar t.d. miklu máli. Sveitarfélög telja sig einnig þurfa að njóta hagsbóta af slíkum mannvirkjum. Enn fremur ber á því að andstaða sé augljós þegar rætt er um vindorku sem ekki færi til orkuskipta heldur er t.d. seld hæstbjóðanda í rafmyntargróft eða til rafeldsneytisframleiðslu fyrir erlendan markað, a.m.k. fyrst um sinn. Mikilvægt er að minna hér á að vindorkuver þarfnast jöfnunarafis frá vatnsaflsvirkjunum. Fáir slíkir kostir eru í boði á næstunni og takmarkar það fjölda og stærð vindorkuvera.

Í samþykktum 3. áfanga var einn vindorkukostur í orkunýtingarflokki (Blöndulundur) en fyrir verkefnisstjórn 4./5. áfangans og þá frá Landsvirkjun er viðbótin einn vindorkulundur sama aðila (Búrfellslundur) er verður fyrri til að fá framkvæmdaleyfi. Af 33 öðrum vindorkukostum sem Orkustofnun vísaði til afgreiðslu undir 4. áfanga rammaáætlunar eru 19 erlendir að uppruna en af þeim dró Orkustofnun 10 til baka í september 2020. Hinir 14 eru innlendir og af þeim dró Orkustofnun sex til baka á sama tíma. Verkefnisstjórn 5. áfanga hefur þá 17 vindorkukosti til þess að fjalla um auk þeirra sem bæst hafa við frá Orkustofnun eftir að sú stjórn hóf störf með faghópum. Fyrir liggur skýrsla starfshóps um nýtingu vindorku á Íslandi frá desember 2023. Á grunni hennar bíða þingmál

afgreiðslu á Alþingi, annað um stefnumótin fyrir nýtingu vindorku og frumvarp til laga um hana.

Ein sjávarfallavirkjun hefur verið til skoðunar hjá Orkustofnun en umsókn um frekari framgang hennar til mats hjá verkefnisstjórn rammaáætlunar hefur verið dregin til baka.

**Tafla 6. Tillaga verkefnisstjórnar 5. áfanga rammaáætlunar að röðun og um endurskoðun kosta úr 3. áfanga.**

<b>Virkjunarkostur</b>	<b>Tillaga að flokkun í 3. áfanga</b>	<b>Ákvörðun Alþingis 2022</b>	<b>Tillaga verkefnisstjórnar 5. áfanga til umsagnar</b>
Skatastaðavirkjun C	Vernd	Biðflokkur	Vernd
Skatastaðavirkjun D	Vernd	Biðflokkur	Vernd
Villinganesvirkjun	Vernd	Biðflokkur	Vernd
Blanda – veita úr Vestari Jökulsá	Vernd	Biðflokkur	Vernd
Urriðafossvirkjun	Orkunýting	Biðflokkur	Orkunýting
Holtavirkjun	Orkunýting	Biðflokkur	Orkunýting
Skrokkölduvirkjun	Orkunýting	Biðflokkur	Orkunýting
Kjalölduveita	Vernd	Biðflokkur	Vernd

Reynslan af virkni rammaáætlunarinnar er margþætt. Meðal annars hefur komið í ljós hve seinvirkt getur verið að koma flokkum hvers áfanga til fullrar afgreiðslu Alþingis. Enn fremur er ljóst að höfuðáhersla í vinnu faghópa var höfð á umhverfismál en miklum mun minna fjallað um hina tvo höfuðþætti sjálfbærni sem er kjarni orkustefnunnar. Það hefur breyst til batnaðar. Vinna við endurskoðun laga um rammaáætlun er hafin og er þarft að ljúka henni sem fyrst. Lögin þurfa að ramma betur inn grunninn að vinnu faghópa og skiptingu orkukosta í flokka og styrkja tengingu rammaáætlunar við sjálfbæra orkustefnu og aðra opinbera stefnumörkun er varðar framkvæmd markaðrar orkustefnu. Starfshópurinn vekur athygli á því að fram undan eru tímar þar sem margir vindorkukostir verða til umræðu og vinnslu innan rammaáætlunar. Það ætti að hvetja til þess að endurskoðun laganna verði lokið sem fyrst.

### 3.9. Jöfnunarafl og núverandi orkukostir

Ísland býr að raforkukerfi sem er í marga staði einstakt á heimsvísu og byggir nánast eingöngu á endurnýjanlegum orkugjöfum. Samsetning uppsetts afls og orkuframleiðslu kemur fram í töflu 7, en 30% framleiddrar raforku eru frá jarðhitavirkjunum og restin er frá vatnsaflsvirkjunum. Uppsett afl virkjunar er hámarkshraði orkuframleiðslu frá virkjuninni þegar hún er keyrð með hámarksafköstum, meðan orkugeta hennar felst í því hversu mikla orku hún framleiðir í raun yfir árið. Aflstuðull er hlutfallið milli heildarorkuframleiðslu virkjunar yfir árið og þess hversu mikla orku virkjunin myndi framleiða ef hægt væri að keyra hana á fullum afköstum allt árið. Aflstuðull er því hlutfall sem að hámarki getur orðið 1.

**Tafla 7. Uppsett afl og orkuframleiðsla á Íslandi árið 2023.**

Íslenska raforkukerfið	Uppsett afl [MW]	Hlutfall	Framleidd orka [GWst]	Hlutfall	Aflstuðull
Vatnsafl	2139,47	72%	14.226	70%	0,76
Jarðhiti	757,58	25%	6006	30%	0,91
Jarðefnaeldsneyti	74.408	3%	4,2	0%	0,01
Vindur	3,64	0%	6,2	0%	0,19
Sól	0,098	0%	0,009	0%	0,01
<b>Samtals</b>	<b>2975,196</b>		<b>20.242,409</b>		

Jarðhitavirkjanir eru þess eðlis að þær framleiða svokallað grunnafl, sem merkir að þær eru að jafnaði keyrðar á fullum afköstum, nema þegar kemur að viðhaldi. Það er tæknilega óhentugt að draga úr afli þeirra og almennt ekki hægt að geyma orku til síðari nota. Að meðaltali var aflstuðull íslenskra jarðhitavirkjana 0,91 árið 2023.

Vatnsaflsvirkjanir sem hafa miðlunarlón geyma orku í formi vatns í lónunum. Hægt er að stýra því innan vissra marka hversu mikið afl er framleitt með því að stýra vatnsstreymi úr lónunum. Þessi eiginleiki miðlaðs vatnsafls gerir það mögulegt að laga aflíð í raforkukerfinu að eftirspurn notenda; að hafa jöfnunarafl til reiðu.

Aðrar vatnsaflsvirkjanir eru svokallaðar rennslisvirkjanir og skila þeim mun meira afli sem meira rennsli er í virkjaðri á. Þessi breytileiki orkuframleiðslu nýtist þó ekki til að mæta breytileika í notkun, heldur þarf miðlað vatnsafl til að jafna milli afls frá rennslisvirkjunum og jarðhita og eftirspurnar notenda.

Árið 2023 var aflstuðull íslenskra vatnsaflsvirkjana 0,76.

Í töflunni er 3% uppsett afl frá varaafsstöðvum á jarðefnaeldsneyti, en sem betur fer eru þær bara keyrðar þegar bilanir verða í flutningskerfi, svo orkuframleiðsla er sáralítill.

Í dag er sáralítið framlag af vindorku og sólarorku í kerfinu, en það mun líkast til breytast á næstu árum. Það er takmarkað eftir af vatnsafl og raunhæfri jarðhitaorku í nýtingarflokki rammaáætlunar, eða hefur verið lagt til í nýtingarflokk frá verkefnisstjórn, og enn minna líklegt til að skila sér í viðbót. Því blasir við að stór hluti þeirrar orkuuppbyggingar sem þarf til að ná orkuskiptum verður í formi breytilegra orkugjafa á borð við vindorku, sem framleidd er þegar veður leyfir. Nota má orðið „sveifluorku“ yfir orkuframleiðslu sem breytist hratt og ítrekað eftir duttlungum náttúrunnar.

Almennt er aflstuðull vindorku mjög misjafn eftir staðsetningu, var t.a.m. milli 17% og 23% fyrir vindafl á landi í Þýskalandi á árabílinu 2015–2022,<sup>9</sup> en getur verið um 50% fyrir vindafl á hafi. Samkvæmt mælingum Landsvirkjunar á hafinu við Búrfell má búast við aflstuðli upp á um 40% þar og gerum við ráð fyrir að svipað sé uppi á teningnum á öðrum stöðum á Íslandi.

Það er töluverð áskorun að reka orkukerfi með mikið framlag sveifluorku og víðast er bilið milli framleiðslu og eftirspurnar jafnað með raforku frá jarðgasi sem er auðvelt að keyra hratt upp og niður, eða jafnvel kolum, sem er í eðli sínu grunnorkuframleiðsla, líkt og jarðhiti.

Þar sem Ísland býr að því að hafa mikið framlag frá vatnsafl í raforkukerfinu er hægt að jafna töluvert af sveifluorku með því að nýta sveigjanleika vatnsaflsvirkjana með miðlunargetu. Noregur hefur t.a.m. byggt upp töluverða vindorku og var vindorka á landi um 13% af uppsettu afli og 9% af orkuframleiðslu í Noregi árið 2023, með aflstuðul upp á 32%.<sup>10</sup> Á Íslandi myndi það svara til um 380 MW af uppsettu afli vindorku og ætti að vera vel gerlegt að þróa vatnsaflskerfið þannig að það geti jafnað á móti því framlagi.

Stærstu virkjanir í vatnsaflskerfinu íslenska nýta jökulár, og miðlunarlónin, orkuforðabúr virkjananna, fyllast á sumrin þegar jöklarnir bráðna mest. Á sumrin er því oft svo mikið vatnsmagn í lónum að hleypa þarf vatni fram hjá hverflum virkjana, með tilheyrandi orkutapi. Meiri hætta er á orkuskorti á veturna þegar lítið sem ekkert bætist við lónin. Vindur er gjarnan meiri á veturna en á sumrin, þannig að vindorka vinnur vel með vatnsaflinu. Hún nýtist svo til að minnka rennsli úr lónum á veturna þegar vindur blæs. Til þess að nýta þetta samspil til fullnustu þarf ákveðnar fjárfestingar þar sem aðrennslisskurðum og hverflum er bætt við búnað virkjana sem þegar eru fyrir hendi. Þessum fjárfestingum við

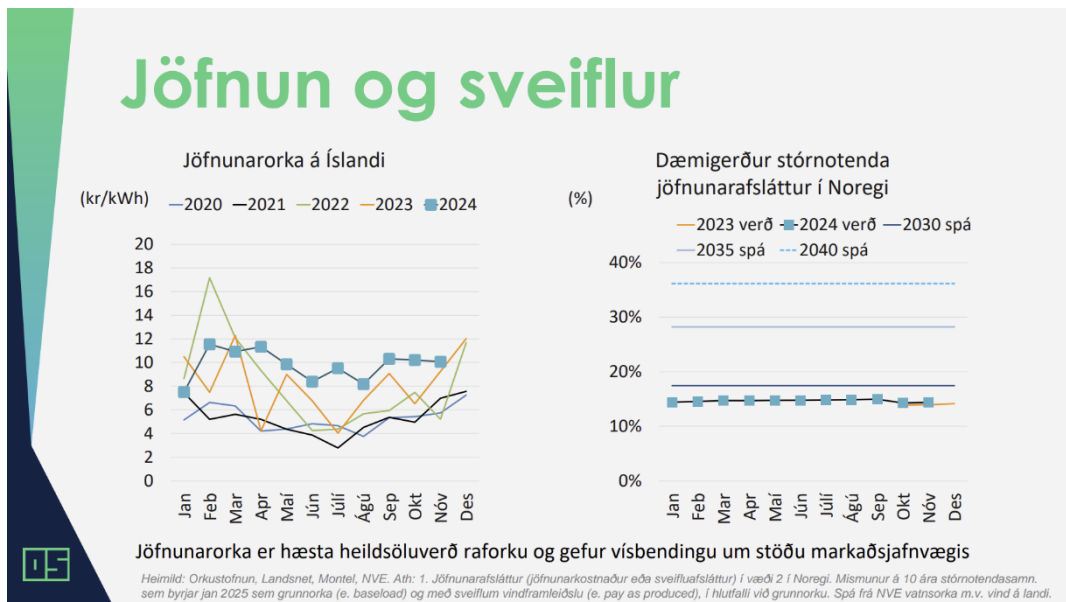
<sup>9</sup> „Average capacity factor for onshore wind power in Germany from 2015 to 2022“, <https://www.statista.com/>

<sup>10</sup> „Produksjonsrapporter, kostnader og vindressurser“, <https://www.nve.no/energi/energisystem/vindkraft-paa-land/produksjonsrapporter-kostnader-og-vindressurser/>

vatnsaflsvirkjanirnar fylgir kostnaður, án þess að endilega sé unnt að selja meiri orku. Sú orka sem þegar var geymd í lónunum þarf því að bera kostnaðinn, en ávinningurinn er meiri sveigjanleiki í því hvenær orkan er framleidd til að jafna sveiflur í vindstyrk.

Ekki eru fyrir hendi opinberar upplýsingar um hvað reikna má með mikilli jöfnunargetu frá vatnsaflskerfinu, með hagkvæmum hætti, en ætla má að mjög dýrt væri að fulljafna meiri vindorku en sem nemur 20–30% af uppsettu vatnsafl. Hér þarf að muna að jarðhitavirkjanir framleiða grunnafl og taka ógjarnan þátt í jöfnun. Miðað við það er ekki hægt að reikna með að vatnsaflskerfið geti með góðu móti fulljafnað meira en 700 MW uppsett afl og uppbygging vindorku umfram það er háð því að neytendur geti tekið á sig ófyrirsjáanlegar skammtímaskerðingar í orkuafhendingu. Samkvæmt heimildum frá Landsvirkjun væri mögulegt að byggja upp getu til að jafna 300–500 MW af vindorku með aflstækkunum á næstu fimm árum.

Sveifluorka selst almennt á lægra verði en trygg orka, sem má líta á sem afslátt vegna breytilegs eðlis orkugjafans. Sé hlutfall sveifluorku lítið í kerfinu er auðvelt að fá jöfnun og afslátturinn því lítill, en reikna má með því að afslátturinn aukist eftir því sem hlutdeild sveifluorku eykst og jöfnun verður dýrari. Mynd 7 sýnir verð á jöfnunarorku á Íslandi, sem og jöfnunarafslátt stórnotenda í Noregi, í ár og líklega þróun eftir því sem hlutdeild sveifluorku eykst.



### Mynd 7. Verð jöfnunarorku á Íslandi og í Noregi

Þar sem Landsvirkjun ræður yfir öllu því vatnsafl í kerfinu sem nota má til jöfnunar þarf Landsvirkjun, í samráði við hagaðila, að þróa vörur fyrir jöfnunarorku, sem henta inn á bæði skammtíma- og langtímaorkumarkað. Það er forsenda þess að aðrir aðilar en handhafi jöfnunarorkunnar geti byggt upp vindorku. Landsvirkjun hefur tilkynnt um væntanlegt framboð á

vindjöfnunarþjónustu, sem felur í sér að vonir um aðgengilega jöfnunarorku muni rætast bráðlega.

### 3.10. Dreifikerfi og staða dreifiveitna

Dreifikerfi raforku tengist flutningskerfinu gegnum dreifiveitur og er langmestur hluti þess rekinn á lægri spennu en flutningskerfið. Helstu verkefni í dreifkerfinu á landsvísu eru áframhaldandi jarðstrengjavæðing þess og þrífösun, öruggara varaafli og endurbætur á tengivirkjum og aðveitustöðvum. Framkvæmdirnar lúta nær alfarið að dreifbýlishluta dreifikerfa RARIK og Orkubús Vestfjarða.

Dreifiveitur og dreifikerfi landsins þurfa að vera í stakk búin til að aðlagast áskorunum orkuskiptanna. Er þá einkum vísað til svokallaðra virkra viðskiptavina, þ.e. notenda sem einnig selja raforku inn á kerfið án þess að raforkuframleiðsla sé meginstarfsemi þeirra. Hér getur verið um að ræða nýtingu sólarorku þar sem umframorka er seld inn á dreifikerfi raforku. Íslenskt regluverk er þó ekki hannað með tilliti til slíkra viðskipta og þörf er á lagabreytingum til að skilgreina réttindi og skyldur slíkra notenda, hvort sem um er að ræða einstaklinga, fyrirtæki eða sérstök orkusamfélög (e. *energy communities*).<sup>11</sup> Hvernig svo sem viðskipta- og regluumhverfið verður útfært er ljóst að dreifiveitur eru í lykilhlutverki. Til dæmis er snjallmælavæðing forsenda fyrir sveigjanlegri orkunotkun og virkum viðskiptavinum. Mikilvægt er að ekki verði íþyngjandi að gerast virkur viðskiptavinur. Frekar ætti að innleiða hvata í þá átt þannig að virkir notendur og orkusamfélög hafi færi á að njóta ávinnings af og taka með beinni hætti þátt í orkuskiptunum.

### 3.11. Niðurstöður og tillögur

1. Við vinnu verkefnisstjórnar sérhvers áfanga rammaáætlunar ber að taka skýrt tillit til hagkvæmni og samfélagslegra þátta virkjunarkosta, ekki síður en umhverfisþátta enda í samræmi við sjálfbæra orkustefnu, m.a. með vistkerfisnálgun, LCOE-greiningu og greiningu á fyrirhugaðri notkun raforku frá virkjunarkostum, auk tengikostnaðar.

2. Greining á fyrirhugaðri nýtingu raforku frá ólíkum orkukostum þarf m.a. að leiða í ljós að hve miklu marki framleidd raforka nýtist til kolefnishlutleysis eða orkuskipta, að greindar orkuskiptaáðgerðir séu í samræmi við þarfir samfélagsins og getu til að nýta þær miðað við tæknilegar forsendur orkuskiptanna.

---

<sup>11</sup> Bætt orkunýtni og tækifæri til orkuöflunar, bls. 29.



3. Flýta verður lausn á skiptingu tekna af raforkuframleiðslu, raforkuflutningi og raforkudreifingu á milli ríkis og sveitarfélaga og lagasetningu þar að lútandi.

4. Taka ber tillit til þess að framlag mögulegra jarðvarmavirkjana á Reykjaneskaga, samkvæmt nýtingarflokki rammaáætlunar, er væntanlega miklum mun minni en gert er ráð fyrir, vegna óvissu um öryggi og framleiðslugetu, þar eð virkjanirnar eru í eldstöðvakerfum þar sem langt óróatímabil er væntanlega nýhafid.

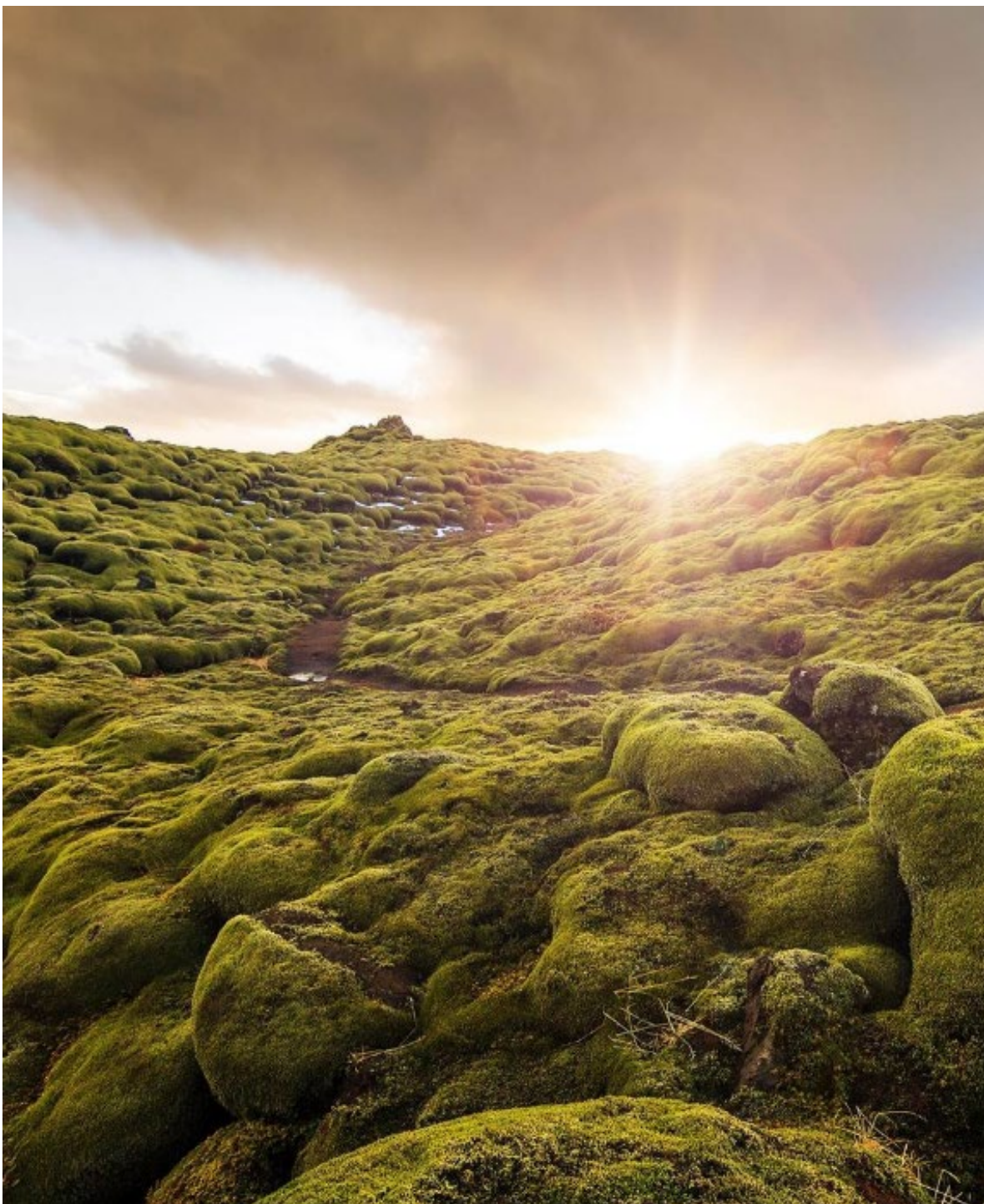
5. Endurskoða ætti stöðu smávirjkjana, allt að 9,9 MW, í lögum um rammaáætlun, í ljósi sjálfbærni og umhverfisáhrifa þeirra stærri, ásamt því að skýra hvernig möguleg aflaukning virjkjana nálægt 10 MW getur farið fram.

6. Flýta verður endurskoðun á lögum um rammaáætlun. Lögin þurfa að ramma betur inn grunninn að vinnu faghópa og skiptingu orkukosta í flokka og styrkja tengingu rammaáætlunar við sjálfbæra orkustefnu og aðra opinbera stefnumörkun er varðar framkvæmd markaðrar orkustefnu.

7. Flýta þarf vinnu við endurskoðun leyfisferla í því augnamiði að gæta að kröfum sjálfbærni við ákvarðanir um skiptingu virkjunarkosta í flokka rammaáætlunar. Fagleg kærufarli eiga að vera skilvirkari, aðkoma hagaðila skýr og gögn til verkefnisstjórnar berist sem altækust áður en fagvinna hefst.

8. Kanna þarf með hvaða hætti er unnt að sjá til þess að fagleg vinna úr áföngum rammaáætlunar nýtist í ferli leyfisveitinga, einkum hvað varðar mat á umhverfisáhrifum.

9. Greiða ætti fyrir því að notendur geti gerst virkir viðskiptavinir og stofnað til orkusamfélaga með innleiðingu hvata til að gefa notendum færi á beinni þátttöku í orkuskiptum og jafnframt að njóta ávinnings af þeim.



## 4. Orkuskipti: Forgangur, leyfi, umhverfismat og vistkerfi

### 4.1. Yfirlit

Í skipunarbréfi starfshópsins er vísað til þess að nauðsynlegt sé að leita allra leiða til að stjórnvöld nái markmiðum sínum í orku- og loftslagsmálum. Jafnframt að mikilvægt sé að starfsumhverfi orkufyrirtækjanna styðji við aukna framleiðni, bættu nýtingu, dragi úr sóun og taki tillit til neytendasjónarmiða, hvort heldur sem snýr að raforku eða varma. Einnig að í tillögum starfshópsins verði tekið mið af líffræðilegri fjölbreytni.

Til að orkuskiptin nái fram að ganga er nauðsynlegt að huga að undirbúnings- og leyfisveitingaferlinu sem þarf að eiga sér stað í aðdraganda ýmissa framkvæmda.

Fjölmörg dæmi eru um framkvæmdir sem hafa tafist umtalsvert í ferli leyfisveitinga og kærumála. Sú spurning hlýtur að vakna hvort lögbundið undirbúnings- og leyfisveitingakerfi hér á landi sé óþarflega flókið. Mikilvægt er að hafa í huga að kerfið er vissulega hannað til að verja ákveðna hagsmuni, svo sem vernd umhverfis og rétt fólks til að hafa áhrif á ákvarðanir sem hafa áhrif á nærumhverfi þeirra samkvæmt Árósasamningnum.

Í orkustefnu kemur fram: *Nauðsynlegt er að hafa öfluga stjórnsýslu sem getur uppfyllt sínar skyldur með skilvirkum hætti og styðji þannig við þarfir samfélagsins er varða orkumál. Ferli leyfisveitinga þarf að tryggja að aðilar uppfylli kröfur um leið og það er einfalt og skilvirkt þannig að tímafrestir séu hæfilegir í samanburði við það sem best gerist í þeim löndum sem við miðum okkur gjarnan við.*

Eru því í þessum kafla gerðar ýmsar tillögur að einföldun ferlisins. Tekið er mið af tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2018/2001 (REDII), þar sem vikið er að einföldun leyfisveitinga.

Þá er í kaflanum vikið að vistkerfinu og vistkerfisnálgun. Mikilvægi vistkerfa og verndun vistfræðilegrar fjölbreytni er nú þegar hluti orkumála, m.a. með umfjöllun orkukosta í rammaáætlun og mati á umhverfisáhrifum framkvæmda og áætlana. Aukin áhersla á vistkerfi með vistkerfisnálgun í öllum þáttum orkuframkvæmda er efni síðasta hluta kaflans. Niðurstöður og tillögur varða bæði leyfisferla og vistkerfisnálgun.

### 4.2. Orkuskiptaverkefni

Sátt er um að almenningur hafi sem greiðastan aðgang að ferli orkuskipta og málefnum sjálfbærni, á mismunandi forsendum. Þetta á við einstaklinga jafnt sem samtök. Almennur, samtök og fyrirtæki geta haft aðkomu að sveitarstjórnnum, hvort sem er t.d. vegna skipulags- eða umhverfismála.

Þær tillögur sem hér eru settar fram fela í sér tillögur sem væru til þess fallnar að einfalda og hraða stjórnsýsluferlum framkvæmda almennt. Jafnframt er lagt til að tiltekin verkefni njóti forgangs í stjórnsýslunni. Í þessari skýrslu eru slík verkefni nefnd „orkuskiptaverkefni“.

### Staða og áskoranir í orkumálum

Í skýrslu um stöðu og áskoranir í orkumálum<sup>1</sup> eru dregnar fram staðreyndir um stöðu mála á grundvelli faglegra sjónarmiða og upplýsinga um lykilþætti á sviði orkumála. Metnaðarfull loftslagsmarkmið Íslands þurfa að móta betur orkuframleiðslu og orkuflutning sem eru grunnur að framfylgd orkuskipta í samfélaginu. Fjárfestingar í orkuframkvæmdum hafa hingað til ekki fylgt eftir markmiðum í loftslagsmálum. Ekki hefur verið metið nægjanlega hvað markmiðin fela í sér og viðeigandi viðbrögð ákveðin. Sjónarmið hafa komið fram um að flókið regluverk og tímafrekt leyfisveitingaferli tefji uppbyggingu í orkukerfinu og að tækifæri til atvinnuuppbyggingar hafi ekki náð fram að ganga. Ákall er úr öllum landshlutum um aukna orku og meira orkuöryggi.

Til þess að veita megi ákveðnum verkefnum forgang í leyfisveitingaferlinu þarf að afmarka nánar hvaða verkefni um er að ræða, nánar tiltekið hvenær er um að ræða orkuskiptaverkefni. Meginverkefni orkuskipta á alþjóðavísu felst í að skipta út raforkuframleiðslu með óendurnýjanlegum orkugjöfum fyrir framleiðslu úr endurnýjanlegum orkugjöfum. Því er borðleggjandi að tilgreina alla uppbyggingu á framleiðslu orku úr endurnýjanlegum orkugjöfum sem orkuskiptaverkefni. Þar sem framleiðsla raforku hér á landi er þegar endurnýjanleg vaknar spurningin hvort öll frekari uppbygging raforkuvera sé þá eðli sínu samkvæmt orkuskiptaverkefni eða hvort eitthvað meira þurfi að koma til. Að mati starfshópsins ætti t.d. að leggja sjálfbærni til grundvallar, þ.e. að orkan sé nýtt með ábyrgum hætti í þágu samfélags og án verulegra neikvæðra áhrifa á umhverfi. Jafnframt þarf að velta því upp hvort aðrar framkvæmdir en raforkuvinnsla geti talist til orkuskiptaverkefna, t.d. framkvæmdir í flutnings- og dreifikerfi raforku sem styðja við afhendingu raforku til notenda eða jafnvel framkvæmdir á borð við hraðhleðslustöðvar fyrir rafmagnsbíla eða tengingar í höfnum. Starfshópurinn telur að umræða um skilgreiningu orkuskiptaverkefna sé þörf og til þess fallin að skýra betur þátt orkuvinnslu í orkuskiptum.

Í skipulagslögum og lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlana er ekki að finna sérstaka skilgreiningu á þjóðhagslega mikilvægum innviðum. Hins vegar er í skipulagslögum fjallað um raflínuskipulag er tekur til tiltekinna framkvæmda í flutningskerfi raforku sem byggist á samþykktari kerfisáætlun. **Það kynni að vera til bóta ef skilgreindir væru mikilvægir orkuskiptainnviðir og þeim veittur forgangur í leyfisveitingaferlinu.**

Umhverfis-, orku- og loftslagsráðherra lagði á 154. og 155. löggjafarþingi fram frumvarp til laga um breytingu á lögum um verndar- og orkunýtingaráætlun.<sup>12</sup> Í því er að finna viðleitni í þessa veru þar sem mælt er fyrir um sérstaka málsmeðferð í ferli rammaáætlunar fyrir tiltekna virkjunarkosti í vindorku í þágu orkuskipta og kolefnishlutleysis. Gert er ráð fyrir að slíkir kostir uppfylli nokkur skilyrði, þar á meðal að virkjunarkosturinn komi til með að vera liður í því að ná markmiðum Íslands um orkuskipti og kolefnishlutleysi. Í skýringum við frumvarpið kemur fram að hér sé um að ræða grunnskilyrði fyrir slíkri leið enda meginmarkmið hennar að einfalda uppbyggingu vindorkuvera til framleiðslu á grænni orku í þágu orkuskipta og kolefnishlutleysis landsins. Önnur skilyrði til að vindorkuver hljóti sérstaka málsmeðferð lúta að umhverfisþáttum.

Starfshópurinn bendir á að ýmsar leiðir eru færar til að stuðla að því með óbeinum hætti að raforka sé notuð með ákveðnum hætti, svo sem með skattlagningu, efnahagslegum hvötum eða í gegnum eigendastefnur opinberra fyrirtækja. Hins vegar er vandséð að hægt sé að stýra því hvaða aðilar koma til með að kaupa raforku með beinum hætti. Vikið er nánar að þessu í kafla 6.4.

### 4.3. RED II og RED III – forgangur orkuskiptaverkefna

Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2018/2001 (RED II), um að auka notkun orku frá endurnýjanlegum orkugjöfum er hluti af hreinorkupakka Evrópu (e. *Clean energy for all Europeans package*). Tilskipunin leysir af hólmi eldri gerð nr. 2009/28 (RED I). Markmið tilskipunarinnar er að stuðla að aukinni notkun á endurnýjanlegri orku, en það er bæði mikilvægur hluti þeirra ráðstafana sem nauðsynlegar eru til að draga úr notkun gróðurhúsalofttegunda og til að uppfylla sameiginleg markmið aðildarríkja ESB, auk Íslands og Noregs samkvæmt Parísarsamningnum um 55% samdrátt í losun árið 2030 miðað við 1990. Með tilskipuninni eru sett bindandi markmið um að hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa í heildarnotkun verði a.m.k. 32% árið 2030, 14% fyrir samgöngur á landi og þar af 3,5% háþróað eldsneyti (e. *advanced fuels*). Tilskipunin setur reglur um fjárstuðning vegna raforku frá endurnýjanlegum orkugjöfum, eigin notkun slíkrar raforku, notkun orku frá endurnýjanlegum orkugjöfum í hitunar- og kælingargeiranum og í flutningageiranum, svæðisbundna samvinnu milli aðildarríkja sem og milli aðildarríkja og þriðju landa. Ætlunin er að skapa umhverfi og aðstæður til að flýta opinberum og einkareknum fjárfestingum í nýsköpun og nútímavæðingu lykilatvinnugreina. Helstu nýmæli eru ákvæði um leyfisveitingaferli fyrir virkjanir sem framleiða orku úr endurnýjanlegum orkugjöfum, ákvæði um hitaveitur, virka notendur sem framleiða og selja inn á kerfið, upprunaábyrgðakerfið er fest frekar í sessi og nær til fleiri orkugjafa en áður og sett eru viðmið um sjálfbærni lífoldsneytis og ákvæði um vottun þess. Þá er kveðið á um upplýsingagjöf til almennings, m.a. um stuðningsráðstafanir og

<sup>12</sup> Þskj. 280 – 274. mál. 155. lögb. 2024 – 2025.



um samfélög um endurnýjanlega orku þar sem kaupendur geti tekið þátt og framleitt og selt endurnýjanlega orku án þess að tapa rétti sínum sem neytendur. Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2023/2413 (RED III) er endurskoðun á RED II og byggir m.a. á Græna sáttmálanum frá 2019 (e. *European Green Deal*) og RePowerEU sem felur í sér áttak um að verða óháð rússnesku gasi vegna stríðsins gegn Úkraínu. Átakið felst í að stórauka hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa í Evrópu með ýmsum úrræðum. Bindandi markmið ESB um hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa hefur verið hækkað úr 32%, líkt og nógildandi tilskipun kveður á um, upp í a.m.k. 42,5%. Með RED III eru kynnt til leiks skilgreind uppbyggingarsvæði (e. *acceleration areas*), þ.e. svæði þar sem fyrir fram hefur verið metið svo að uppbygging orkuvera fyrir endurnýjanlega orku muni ekki hafa umtalsverð umhverfisáhrif og því hægt að viðhafa fljótverkari málsmeðferð.

Tilskipunin gerir aðildarríkjum að einfalda og stytta leyfisveitingaferli til að reisa og starfrækja orkuver sem framleiða orku úr endurnýjanlegum orkugjöfum (16. gr.). Skyldan tekur til allra viðkomandi leyfa vegna slíkra framkvæmda, þar á meðal virkjunarleyfa og framkvæmdaleyfa. Tilskipunin kallar á að fyrir hendi sé miðlægur vettvangur fyrir umsóknir um öll leyfi á stjórnýslustigi sem slíkar framkvæmdir kalla á. Niðurstaðan getur verið eitt eða fleiri leyfi sem veitt eru samtímis. Rík leiðbeiningarskylda er lögð á þau stjórnvöld sem annast slík leyfi.

Starfshópurinn bendir jafnframt á að framkvæmdastjórn Evrópusambandsins hefur birt tilmæli um hvernig hraða megi uppbyggingu endurnýjanlegra orkugjafa.<sup>13</sup> Í tilmælunum er aðildarríkjum ráðlagt að tryggja framkvæmdum vegna öflunar endurnýjanlegrar orku, þ.m.t. tengiframkvæmdum, stöðu forgangsverkefna í regluverkinu. Kæruleiðir og kærufrestir ættu að vera sem einfaldastir og tímamörk skýr. Sameina eða samþætta ætti leyfisveitingaferli eins og hægt er og innleiða stafrænar lausnir á öllum stigum skipulags, umhverfismats og leyfisveitinga.

---

<sup>13</sup> COMMISSION RECOMMENDATION (EU) 2024/1343 of 13 May 2024 on speeding up permit-granting procedures for renewable energy and related infrastructure projects

### Upprunaábyrgðir og skuldbindingar í loftslagsmálum

Framleiðendum raforku er heimilt að gefa út og selja svokallaðar upprunaábyrgðir fyrir þá orku sem þeir framleiða á vistvænan hátt. Markmiðið er að stuðla að nýtingu endurnýjanlegra orkugjafa og auka þannig umhverfisvitund. Hægt er að kaupa upprunaábyrgðir af framleiðslu- eða sölufyrirtækjum raforku. Fyrirtæki sem kaupa slíkar upprunaábyrgðir geta vottað að við framleiðslu sinnar vöru hafi eingöngu verið notuð vistvæn orka. Einnig er möguleiki fyrir einstaklinga að kaupa slíkar ábyrgðir af sölufyrirtækjum raforku.

RED II gerir mikilvægar breytingar á upprunaábyrgðakerfinu með því að færa út gildissvið þess til að ná yfir vetni sem framleitt er með endurnýjanlegum orkugjöfum. Kerfið gerir nú skylt að gefa út upprunaábyrgðir fyrir endurnýjanlegt vetni, sem staðfesta upprunaferli þess og framleiðsluaðferðir. Þessar upprunaábyrgðir eru mikilvægar fyrir vetnismarkaðinn þar sem þær veita kaupendum áreiðanlegar upplýsingar um að vetnið sé framleitt með endurnýjanlegum orkugjöfum. Upprunaábyrgðir fyrir vetni þurfa að innihalda upplýsingar um orkugjafann sem notaður var við framleiðsluna, tímasetningu og staðsetningu framleiðslunnar og hvort framleiðslan hafi notið opinbers stuðnings. Þetta kerfi er grundvallarþáttur í að byggja upp traustan markað fyrir endurnýjanlegt vetni í Evrópu og tryggja að hægt sé að rekja og staðfesta uppruna þess með áreiðanlegum hætti.

## 4.4. Lög um umhverfismat framkvæmda og áætlana nr. 111/2021

Lög um umhverfismat framkvæmda og áætlana fjalla um ferli umhverfismats fyrir framkvæmdir og áætlanir sem undir lögina falla. Með lögnum eru innleiddar

- Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2001/42/EB frá 27. júní 2001, um mat á áhrifum tiltekinna skipulags- og framkvæmdaáætlana á umhverfið,
- Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2011/92/ESB frá 13. desember 2011 um mat á áhrifum sem tilteknar framkvæmdir á vegum hins opinbera eða einkaaðila kunna að hafa á umhverfið og
- Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2014/52/ESB frá 16. apríl 2014 um breytingu á tilskipun 2011/92/ESB um mat á áhrifum sem tilteknar framkvæmdir á vegum hins opinbera eða einkaaðila kunna að hafa á umhverfið.

Í b-lið 1. mgr. 2. gr. laganna kemur fram að lögina gildi um áætlanir og breytingar á þeim sem marka stefnu fyrir leyfisveitingar til framkvæmda sem tilgreindar eru í 1. viðauka við lögina og eru undirbúnar og/eða afgreiddar af stjórnvöldum og unnar samkvæmt lögum eða ákvörðun ráðherra. Verndar- og orkunýtingaráætlun (rammaáætlun) sem heildaráætlun er því metin í umhverfismati á grundvelli laganna, áður en áætluninni er skilað til ráðherra, sbr. 4. mgr. 10. gr. laga 48/2011.

- Tilteknar framkvæmdir skulu ávallt sæta mati á umhverfisáhrifum, aðrar samkvæmt ákvörðun Skipulagsstofnunar. Framkvæmdir undir mörkum þurfa ekki að sæta umhverfismati.

- Ferli umhverfismats er lýst í 17. gr. laga um umhverfismat framkvæmda og áætlana nr. 111/2021.

#### 4.5. Umhverfismat: Sjálfstæð málsmeðferð

Hér á landi er umhverfismat sjálfstæð málsmeðferð sem er aðskilin málsmeðferð viðkomandi leyfisveitingar. Hlutverk framkvæmdaraðila er að sjá til þess að unnið sé umhverfismat fyrir viðkomandi framkvæmd. Skipulagsstofnun hefur það hlutverk að gefa rökstutt álit á umhverfismati framkvæmdarinnar og, eftir því sem við á, setja skilyrði um mótvægisáðgerðir og vöktun sem beint er til leyfisveitanda. Viðkomandi leyfisveitanda ber síðan að kynna sér umhverfismat framkvæmdaraðila og leggja álit Skipulagsstofnunar um umhverfismatið til grundvallar leyfisveitingunni. Leyfisveitandi skal taka saman greinargerð um afgreiðslu leyfis þar sem gerð er rökstudd grein í samræmi við niðurstöðu álits Skipulagsstofnunar.

Tilskipun 2011/92/ESB gerir ráð fyrir því að aðildarríki hafi val um hvort málsmeðferð umhverfismats sé felld inn í málsmeðferð vegna leyfisveitingar eða aðra málsmeðferð. Í leiðbeiningariti framkvæmdastjórnar ESB er greint frá því að tvenns konar fyrirkomulag tíðkist í aðildarríkjum varðandi matsferlið, þ.e. samþætt matsferli annars vegar og sjálfstætt matsferli hins vegar.

Í samþættu matsferli fer umhverfismatið fram samhliða öðrum undirbúningi ákvörðunar um leyfi og er rökstudda niðurstaðan hluti af ákvörðun um leyfi. Í sjálfstæða ferlinu er rökstudda niðurstaðan hins vegar fengin með málsmeðferð sem er aðskilin frá undirbúningi ákvörðunar um veitingu leyfis.

Starfshópurinn bendir á nýlegar breytingar á skipulagslögum sem fela í sér samþættingu umhverfismatsferlis og skipulags- og leyfisveitingaferlis í tíma við gerð svokallaðs raflínuskipulags. Þá er í lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlana, nr. 111/2021, mælt fyrir um heimild til að sameina skýrslugerð umhverfismats áætlunar og kynningar samkvæmt skipulagslöggjöf. Að mati starfshópsins er frekari samþætting til þess fallin að einfalda og flýta leyfisveitingaferlum, einkum að skoðað verði af alvöru að fela viðkomandi leyfisveitanda ábyrgð á umhverfismati. Sé það ekki talið fært vegna allra matsskyldra framkvæmda leggur hópurinn til að slík samþætting taki til orkuskiptaverkefna. Í því sambandi bendir starfshópurinn á að sameinuð Umhverfis- og orkustofnun á að hafa alla burði til slíkra verkefna. Starfshópurinn leggur því til að **unnið verði að því að samþætta frekar málsmeðferð umhverfismats og leyfisveitinga. Skoðað verði að fela leyfisveitanda að vinna rökstudda niðurstöðu um umhverfismatið sem verði hluti ákvörðunar um leyfi.**

#### 4.6. Margir leyfisveitendur, mörg leyfi

Auk framkvæmdaleyfis getur framkvæmdaraðili t.a.m. þurft að afla leyfis frá forsætisráðuneytinu vegna framkvæmdar innan þjóðlendu, leyfis Orkustofnunar samkvæmt raforkulögum, vatnalögum eða auðlindalögum, leyfis Umhverfisstofnunar samkvæmt lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir eða



lögum um stjórn vatnamála og leyfis Fiskistofu vegna framkvæmda í veiðivatni svo dæmi séu nefnd.

Leyfi til framkvæmda undir lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlana eru í reynd öll leyfi vegna fyrirhugaðrar framkvæmdar innan ramma laganna, þ.e. framkvæmdaleyfi samkvæmt skipulagslögum, byggingarleyfi samkvæmt lögum um mannvirki, starfsleyfi samkvæmt lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir og önnur sambærileg leyfi sem varða meginþætti framkvæmdar og/eða starfsemi og umhverfisáhrif þeirra. Allir þurfa þeir að leggja álit Skipulagsstofnunar til grundvallar og taka saman rökstudda greinargerð um samræmi leyfisafgreiðslunnar við álit Skipulagsstofnunar um umhverfismat framkvæmdarinnar. **Því telur starfshópurinn rétt að endurskoðað verði hvaða leyfi teljist leyfi til framkvæmda samkvæmt lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlana, nr. 111/2021.**

Að mati starfshópsins verður flækjustig leyfisveitingaferlisins að talsverðu leyti rakið til þess hve stofnanamiðað kerfið hér á landi er. Væri kerfið notendamiðaðra mætti líklega ná fram töluverðri einföldun án þess að slíkt kæmi niður á sjónarmiðum náttúruverndar og samningum er lúta að henni eða réttindum borgara til að hafa áhrif á ákvarðanir sem teknar eru um nærumhverfi þeirra samkvæmt Árósasamningnum.

Starfshópurinn telur hér vera tækifæri til einföldunar með samþættingu í leyfum. Leggja ætti mat á möguleika þess að fyrir orkuskiptaverkefni og, eftir því sem við á, önnur verkefni, yrði veitt eitt leyfi. Starfshópurinn leggur til að **leitast verði við, eins og unnt er, að leyfum verði fækkað með því að sameina mismunandi tegundir leyfa í eitt leyfi.**



Mynd 8: Holuurt í móbergi. Ljósmynd/Hugi Ólafsson

## 4.7. Vistkerfisnálgun og orkuskipti

### 4.7.1. Vistkerfi og vistgerðir

Sú röksemd að sjálfbærni feli í sér jafnvægi á milli mikilvægra náttúrunytja og samsvarandi mikilvægrar náttúruverndar hefur verið endurtekin árum saman. Þetta gildir um auðlindanýtingu, t.d. orkuöflun með vatnsaflí, jarðvarma og vindafli. Vistkerfi eru ríkur þáttur í umhverfi mannsins og þau hafa afgerandi áhrif á mannlífið og vöxt og viðgang samfélaga. Í samningi Sameinuðu þjóðanna (e. *Convention on Biological Diversity*), CBD, frá 1993 um líffræðilega fjölbreytni er vistkerfi skilgreint svona:

Vistkerfi vísar til kvikra tengsla jurta, dýra og örvera og ólífræns umhverfis þeirra sem starfrænnar heildar.

Á Íslandi hafa vistkerfi á landi einkum verið flokkuð með því að nota hugtakið vistgerð.

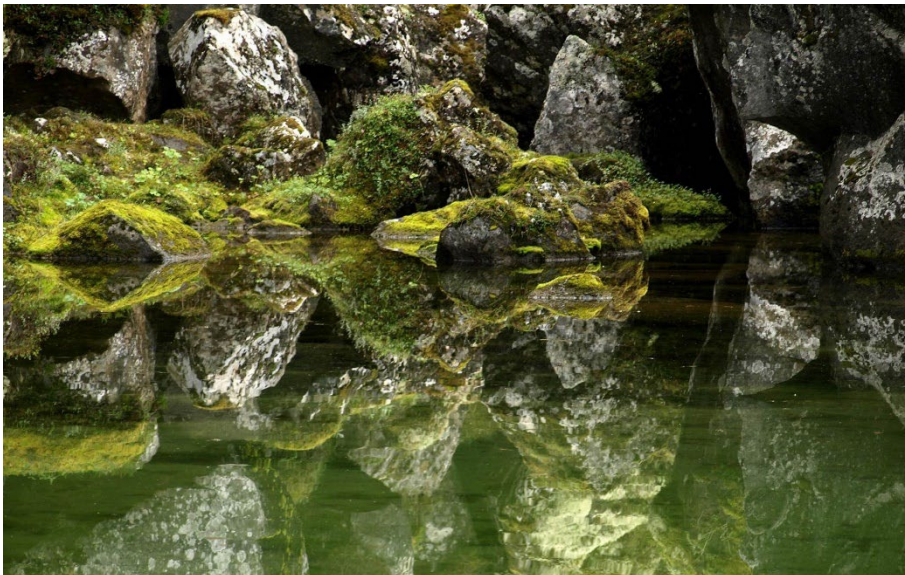
#### Vistgerð

Vistgerð er landeining sem býr yfir ákveðnum eiginleikum hvað varðar gróður, dýralíf, jarðveg og loftslag. Innan sömu vistgerðar eru aðstæður með þeim hætti að þar þrífast svipuð samfélög plantna og dýra.

Vistkerfisnálgun er skilgreind með eftirfarandi hætti í fyrrgreindum samningi (CBD):

„Vistkerfisnálgun fæst fram þegar stjórnun á nýtingu lands, lagar og lifandi auðlinda er samræmd og hún hvetur þar með til verndunar og sjálfbærrar nýtingar með jafnrétti að leiðarljósi. Þess vegna styður vistkerfisnálgun við öll þrjú meginmarkmið aðildarþjóðanna, þ.e. sjálfbæra nýtingu, sanngirni og jafnræði, við nýtingu erfðaauðlinda.“

Náttúrufræðistofnunn Íslands hefur flokkað, kortlagt og lýst 105 vistgerðum alls; 64 á landi í 12 meginflokkum, 17 í ám og vötnum og 24 í fjörum.<sup>14</sup> Auk þess eru vistgerðir á jarðhitasvæðum skilgreindar sér og flokkaðar. Í einu tilteknu vistkerfi geta verið nokkrar eða allmargar vistgerðir. Við verndun líffræðilegrar fjölbreytni er algengt að ákvarða og nálgast verkefni verndunar eða endurheimtar með því að greina vistgerðir sem varða þau.



**Mynd 9. Botnstjörn.** *Ljósmynd/Hugi Ólafsson*

#### 4.7.2. Samþætting við orkuskipti: Verndun og endurheimt náttúrugæða

Ljóst má vera að vistkerfisnálgun sem heildræn aðferð til þess að varðveita líffræðilegan fjölbreytileika er mikilvæg grunnaðferð í andspyrnu við óæskilegar umhverfisbreytingar. Vistkerfisnálgun á að verða samþætt stefnumiðun í orku- og loftslagsmálum og verða um leið sem ein birtingarmynd sjálfbærni en hún er yfirlýstur grunnur stefnumiða af hálfu stjórnvalda í þeim efnun. Innleiðing

---

<sup>14</sup> Jón Gunnar Ottósson o.fl.: *Vistgerðir á Íslandi*

hennar samhliða orkuskiptum krefst sérfræðipækningar, virks skipulags til vistkerfisnálgunar í helstu framkvæmdageirum og atvinnugreinum, auk fjármagns og pólitískrar stefnumörkunar. Brýnt er að hefja innleiðingu vistkerfisnálgunar í orkumálum sem allra fyrst en um leið er ljóst að ferlið tekur alllangan tíma og í áföngum vegna þess að það snertir alla vegferð orkumannvirkja, frá leyfum til virkjana og flutningskerfa, hönnunar, byggingarframkvæmda og svo allt til endaloka mannvirkjana.

Í allri vinnu að orkuskiptum ber að hyggja að því að raska ekki heldur vernda líffræðilega fjölbreytni og vistkerfi eða öllu heldur vistgerðir. Vega þarf þær og meta til jafnvægis gagnvart sjálfbærum náttúrunytjum og landnýtingu sem nytjunum fylgir, sérstaklega sjálfbærri nýtingu orkuauðlinda. Leggja þarf jafnframt til rökstuddar tillögu um verndun og endurheimt vistkerfa og vistgerða þar sem það á við. Þetta á þar með við um margvíslega mannvirkjagerð, svo sem byggingu orkuvera og lagningu flutnings- og dreifikerfa. Þar gildir sem aldrei fyrr að leitast við að raska vistkerfum sem minnst, Full orkuskipti í samgöngum og helstu atvinnuvegum héraðs eru og verða umfangsmikil og flókin. Þau taka til stórs hluta þeirrar losunar GHG er Íslandi ber að minnka sem hraðast. Því er nauðsynlegt að samþætta nánar orkuskipti og verndun og endurheimt vistkerfa en þegar hefur verið gert með mati á umhverfisáhrifum framkvæmda og áætlana.

#### 4.7.4. Líffræðileg fjölbreytni og vistkerfisnálgun

Málþing BIODICE (samráðsvettvangs íslenskra aðila um líffræðilega fjölbreytni) og matvælaráðuneytisins (MAR) fór fram í september 2023. Í ítarlegri greinargerð<sup>15</sup> um málþingið eru margvíslegar upplýsingar sem stuðst er við hér á eftir.

Ný stefna þjóðanna, sem eru aðilar að samningi Sameinuðu þjóðanna um líffræðilega fjölbreytni (CBD), var samþykkt á þingi aðildarríkja samningsins árið 2022 með heitinu *Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework* eða GBF. Innleiðing stefnumiða skal gerð með vistkerfisnálgun (e. *ecosystem approach*) samkvæmt samningnum.

Markmið stjórnvalda er að raska ekki heldur vernda líffræðilega fjölbreytni í samræmi við heimsmarkmið Sameinuðu þjóðanna nr. 15 (Líf á landi) og rammisamning Sameinuðu þjóðanna um líffræðilega fjölbreytni (CBD).

---

<sup>15</sup> „Greinargerð í kjölfar málþings um vistkerfisnálgun“, <https://www.stjornarradid.is/gogn/rit-og-skyrslur>





**Mynd 10: Lundi.** *Ljósmynd/Hugi Ólafsson*

Vistkerfisnálgun er orðin krefjandi grunnþáttur í aðgerðum gegn loftslagsvá og við verndun líffræðilegrar fjölbreytni þrátt fyrir að vera ný af nálinni í alþjóðlegu samhengi. Hér á landi er hún stutt komin sem virkt tæki í vinnu við margvíslegar framkvæmdir. Ísland er aðili að nokkrum alþjóðasamningum sem fjalla um vistfræði og líffræðilega fjölbreytni og atvinnugreinar eru bundnar alþjóðlegum samningum í umhverfismálum. Því er það brýnt að yfirfara lög og reglur með það fyrir augum að vistkerfisnálgun og endurheimt náttúrugæða komist smám saman greiðlega til fullra nota á næstu árum og svo sem nemur áratugum þar á eftir.

Í greinargerð frá málþingi BIODICE í september 2023 eru niðurstöður dregnar saman. Þeirra á meðal eru þessar, lítillega umritaðar til framsetningar í þessari skýrslu:

#### Niðurstöður málþings BIODICE

- Mikilvægt er að fleiri ráðuneyti en matvælaráðuneytið, svo sem umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið, forsætisráðuneytið, innviðaráðuneytið og fjármálaráðuneytið, komi að umræðunni og taki saman höndum í innleiðingu vistkerfisnálgunar í auðlindanýtingu.
- Heilt yfir er staða þekkingar á lífverum og vistkerfum héraðs of lítil og brotakennd. Þörf er á stórátaki í grunnrannsóknum og vöktunarrannsóknum. Móta þarf leiðir til að niðurstöður vísindarannsókna skili sér til stefnumótunar og framkvæmdaáætlana.
- Skipulag landsvæða er mikilvæg leið til að innleiða vistkerfisnálgun og skapa fjölbreytt tækifæri í verndun og auðlindanýtingu.
- Nýtt fagráð þarf um líffræðilega fjölbreytni ásamt nauðsynlegri umgjörð fyrir starf þess.
- Samstarfsnefndir samfélagsgeira þarf um innleiðingu vistkerfisnálgunar, samþættingu og árangur ásamt nauðsynlegri umgjörð fyrir störf þeirra.

#### 4.7.5. Tvö grunnverkefni vistkerfisnálgunar og skyld skref

Á vegum CBD hafa verið unnar leiðbeiningar um innleiðingu vistkerfisnálgunar við nýtt náttúruauðlinda. Tvö verkefni mynda grunninn. Það fyrra felst í að skilgreina viðfangsefnið með víðtækum hætti; draga fram sem flesta þætti og hliðar þess. Hitt verkefnið snýr að 12 skrefum sem tekin eru með kerfisbundnum hætti (sjá [www.cbd.int/ecosystem/sourcebook](http://www.cbd.int/ecosystem/sourcebook)). Meðal skrefanna sem komu fram á málþingi BIODICE og þarf að raungera eru þessi:

- Tryggja að allir hagaðilar komi að ákvarðanaferlum og að tekið sé tillit til mismunandi sjónarmiða, gildismats og hagsmuna hvað varðar sjálfbærni.
- Stuðla að vernd vistkerfa og vistkerfisþátta til að viðhalda virkni kerfanna og tryggja að nýting vistkerfa skaði ekki virknina.
- Nýta aðlögunarstýringu til að leysa vandamál sem upp koma.
- Ná viðunandi jafnvægi á milli verndar og nýtingar með tilliti til líffræðilegrar fjölbreytni.

#### 4.7.6 Forgangaðgerðir að mati BIODICE

BIODICE hefur lagt fram forgangaðgerðir sem bæta eiga þekkingargrunn vistkerfisnálgunar, umgjörð við innleiðingu hennar og framkvæmd. Þær eiga við auðlindanýtingu og matvælaframleiðslu. Aðgerðirnar eru skilgreindar og miðaðar við að þær bæti þekkingargrunn vistkerfisnálgunar, bæti umgjörð við innleiðingu vistkerfisnálgunar og bæti framkvæmd hennar.

Níu aðgerðanna eru hér valdar sem dæmi um verkefni, svohljóðandi í endurritun:

- Gerð rannsóknaráætlunar fyrir vísindarannsóknir til að styrkja vísindalegan þekkingargrunn vistkerfisnálgunar.
- Gerð áætlunar fyrir öflun þekkingar frá hagaðilum um viðfangsefni vistkerfisnálgunar.
- Greining nauðsynlegra breytinga á lögum og regluverki.
- Skipun vísindalegs fagráðs um líffræðilega fjölbreytni sem veitir ráðgjöf þvert á málaflokka.
- Skipun þverfaglegar samstarfsnefndar milli ráðuneyta, lykilstofnana, hagaðila til að tryggja samfellu og samþættingu við innleiðingu vistkerfisnálgunar á ólíkum sviðum sem og samlegð við aðra tengda málaflokka.
- Gerð leiðbeininga um innleiðingu vistkerfisnálgunar fyrir ólíka geira.
- Skipun samráðsnefnda um innleiðingu vistkerfisnálgunar fyrir ólíka geira.
- Stofnun styrktarsjóðs/hvatakerfis.
- Mótun skýrrar og tímasettrar aðgerðaáætlunar og gera ráðstafnir til þess að tryggja fjármögnun á framkvæmd lykilþátta er varða innleiðingu vistkerfisáætlunar (rannsóknir, samráð, upplýsingamiðlun, eftirlit o.fl.) í hverjum geira eins og við á.

#### 4.7.7. Fyrsti áfangi til virkrar vistkerfisnálgunar

Innleiðing vistkerfisnálgunar á að bæta enn frekar og samþætta stöðu vistkerfismats í vinnu við orkuöflun í landinu með það fyrir augum að jafnvægi verði á milli verndar og nýtingar vistkerfa á þeim stöðum þar sem orkuframleiðsla og orkuflutningar fara fram. Gera má ráð fyrir að innleiðingin taki töluverðan tíma og að hana þurfi að meta og aðlaga jafnt og þétt í ljósi reynslunnar. Telja má sameiningu ýmissa ríkisstofnana geta auðveldað um sumt þessa innleiðingu.

Mikilvægt er að vistkerfismál liti skipulagsmál, framkvæmdir og atvinnurekstur, þ.m.t. orkumál, eins snemma í lífsferli hvers verkefnis og unnt er. Þá er átt við leyfisferli í heild, frá og með umsókn til Orkustofnunar, skipulagsþátt vegna fyrirhugaðra framkvæmda og loks við hönnun mannvirkja. Þar á eftir ber að vefa vistkerfisnálgun í verklegar framkvæmdir og rekstur mannvirkja og loks inn í endalok reksturs, þ.e. förgun og staðbundinn frágang. Samþætting leyfisveitinga

(sjá 4.5) getur komið að miklu gagni í þessum efnum. Áhugi á að virkja vistkerfisnálgun í orkumálum hlýtur að ýta undir endurskoðun leyfisferla og leyfisveitinga.

Miðað við að heildræn innleiðing vistkerfisnálgunar er nú í burðarliðnum hér á landi, sbr. greinargerðina um málþing BIODICE í september 2023, verða ekki lagðar til beinar aðgerðir til innleiðingarinnar í þessari skýrslu. Í stað þess er **tekið undir forgangsaðgerðir úr greinargerð BIODICE og hvatt til þess að þeim verði fylgt eins og unnt er. Enn fremur er lagt til að stuðst verði við tillögur BIODICE um vistkerfisnálgun í því skyni að stuðla að innleiðingu vistkerfisnálgunar í orkumálin með þremur upphafsverkefnum (sjá 6 til 7, hér að neðan).**

#### 4.8. Niðurstöður og tillögur

Niðurstöður og tillögur skiptast í tvennt. Annar hlutinn snýr að leyfisveitingum vegna orkumannvirkja en hinn að vistkerfisnálgun þar sem miðað er við tillögur BIODICE frá september 2023.

1. Kannað verði hvort skilgreina ætti mikilvæga orkuskiptainnviði og þeim veittur forgangur í leyfisveitingaferlinu.
2. Ferli leyfisveitinga verði endurskoðað í þeim tilgangi að samþætta frekar málsmeðferð umhverfismats og leyfisveitinga.
3. Skoðað verði hvort fela eigi leyfisveitanda að vinna rökstudda niðurstöðu um umhverfismat sem verði þá hluti ákvörðunar um leyfi.
4. Endurskoðað verði hvaða leyfi teljist framkvæmdaleyfi samkvæmt lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlana, nr. 111/2021.
5. Leitast verði við, eins og unnt er, að fækka leyfum með því að sameina mismunandi tegundir leyfa í eitt leyfi.
6. Greint verði hvort og með hvaða hætti vistkerfisnálgun hefur nú áhrif á ferli rammaáætlunar, umhverfismats og leyfisveitinga, m.a. samhliða endurskoðun á virkni rammaáætlunar og samkvæmt reynslu af henni.
7. Greint verði við endurskoðun leyfisferla hvernig megi flétta vistkerfisnálgun þéttar en nú er inn í verkferla ,allt frá leyfisveitingum og hönnunarstigi til framkvæmda og förgunar mannvirkja.
8. Greina verði hvata sem stuðlað geti að innleiðingu vistkerfisnálgunar í orkumálin.





## 5. Orkunýtni og sparnaður

### 5.1. Yfirlit

Ein af undirstöðum orkustefnu stjórnvalda til ársins 2050 er orkunýtni og sparnaður en þar er kveðið á um eftirfarandi undirmarkmið:

- Orkunýtni bætt og sóun lágmörkuð
- Auðlindastraumar fjölnýttir

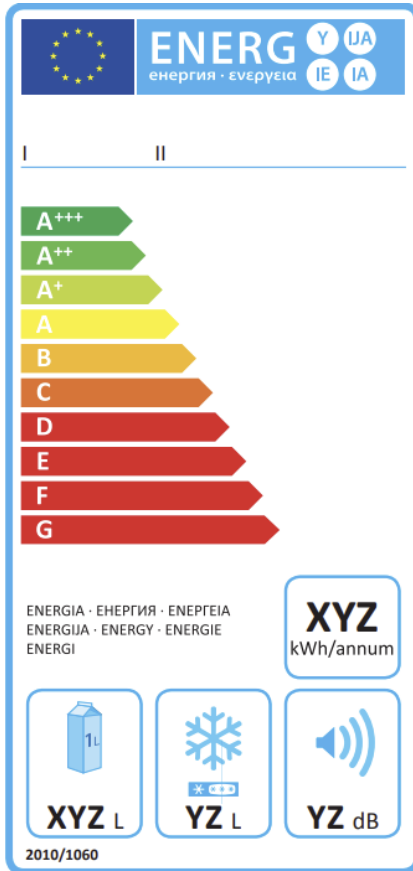
Í aukinni orkunýtni felst að ná að inna af hendi sama verk fyrir minni orku. Við það losnar um orku sem tækifæri eru í að nýta á annan máta. Mörg tækifæri eru fyrir hendi til aukinnar orkunýtni, sem eiga það þó mörg sameiginlegt að krefjast þríhliða samstarfs stjórnvalda, sveitarfélaga og orkunotenda til að geta orðið að veruleika. Við framleiðslu ýmissa vara verður til hliðarafurð í formi orku, oftast ekki varmi, sem við ákveðið hátt hitastig er hægt að nýta – svokölluð fjölnýting auðlindastrauma. Þessa orku er hægt að nýta til ýmissa hagnýtra verka eins og hitaveitu en ólíkt bættri orkunýtni verður endurnýting varma alltaf bundin þeirri staðsetningu þar sem upprunalega framleiðslan fer fram þar sem hitastigið er of lágt til að framleiða rafmagn úr varmanum og hitastigið lækkar ef flytja á varmann langar leiðir.

Fjöldmörg tækifæri eru til minni orkusóunar sem skipta má niður eftir tímabilum og hversu gerlegt er að þau verði að veruleika. Til ársins 2030 má gera ráð fyrir að tækifæri séu til aukinnar orkunýtni sem nemur 370 GWst á ári, fyrst og fremst í verslun og þjónustu og framleiðslu járnlausra hrámalma. Til ársins 2040 eru tækifæri til að ná bættri orkunýtni og fjölnýtingu auðlindastrauma sem nemur allt að 880 GWst á ári. Hafa ber í huga að þó að þessar aðgerðir séu framkvæmanlegar verða þær ólíklega að veruleika án aðkomu stjórnvalda. Stjórnvöld þurfa því að meta hvort mögulegur ávinningur af aðgerðinni sé nægur til að það réttlæti aðkomu hins opinbera.

### 5.2. Orkunýtni bætt og sóun lágmörkuð

Hugtakið orkunýtni má rekja til enska hugtaksins *energy efficiency* sem merkir hversu mikla orku þarf til þess að inna af hendi ákveðið verkefni eða skila af sér sömu niðurstöðum. Algengasta notkunin á hugtakinu snýr að orkunýtni nýrra raftækja. Með hvers slags nýjum raftækjum fylgir einkennandi merking þar sem raftækið hlýtur einkunn á bilinu A til G eftir því hversu margar kílóvattstundir (kWst) á ári raftækið notar byggt á stöðluðum prófunarniðurstöðum. Þannig nota

raftæki með einkunnina A minna rafmagn en sambærileg tæki sem fá einkunnina G og sóa þar af leiðandi minna rafmagn við notkun.



Hugmyndafræðin á bak við bætta orkunýtni felur ekki aðeins í sér minni sóun á rafmagn fyrir samfélagið allt heldur einnig fjárhagslega hvata fyrir einstaklinga og fyrirtæki til þess að nota minni orku og spara fjármuni. Slíkir fjárhagslegir hvatar vega misþungt í ákvarðanatöku eftir því hver kostnaður raforku er á hverjum stað fyrir sig. Þannig má gera ráð fyrir að hvatarnir vegi frekar létt á Íslandi enda raforkuverð lágt hér á landi í alþjóðlegum samanburði, auk þess sem lífsgæði eru mikil. Slíkt endurspeglast m.a. í mikilli orkunotkun heimila og þjónustufyrirtækja í alþjóðlegum samanburði.<sup>16</sup>

Samhliða margvíslegum tækni framförum síðustu ára hefur tækifærum til bættrar orkunýtni fjölgað til muna og verður svo áfram á komandi árum og áratugum, hvort sem litið er til heimila, samgangna eða atvinnulífs. Því er fyrir séð að

### Mynd 8. Orkumerkimiði.

orkunýtni muni gegna hlutverki við orkuskiptin og kolefnishlutleysi. Að frumkvæði Landsvirkjunar ákvað umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið ásamt Orkustofnun að taka höndum saman við að kortleggja þessi tækifæri og var dönsku verkfræðistofunni Implement falið að vinna þá [greiningu](#) sem var gefin út haustið 2023.

Þá setti umhverfis-, orku- og loftslagsráðherra á laggirnar starfshóp sem var falið að kanna tækifæri til bættrar orkunýtni og nýrra tækifæra til orkuöflunar. [Skýrsla](#) þess starfshóps var birt 30. apríl síðastliðinn og niðurstöður hennar nýtast til fyllingar tillögum Implement. Þar má einnig finna margvíslegar tillögur sem snúa að því hvernig nýta mætti bætta upplýsingagiöf til að hjálpa neytendum við að taka upplýstari ákvörðun um orkunotkun.

<sup>16</sup> Engin orkusóun

Í skýrslu Implement eru skilgreindar mögulegar aðgerðir sem geta leitt til minni orkueftirspurnar, allt að 1500 GWst á ári. Þessar aðgerðir hafa verið gróflega flokkaðar eftir því hve flókið og erfitt er að innleiða þær.

**Tafla 8. Flokkun orkusparnaðaraðgerða eftir framkvæmanleika**

Framkvæmanleiki	Mögulegur orkusparnaður	Tímalína
Auðvelt í framkvæmd	-356 GWst (-381 GWst/ári) <sup>17</sup>	1–5 ár
Framkvæmanlegt	-797 GWst	5–10 ár
Afar erfitt í framkvæmd	-353 GWst	>10 ár

### 5.2.1. Auðvelt í framkvæmd (2024–2030)

Þegar litið er til næstu fimm ára eru einkum tvær atvinnugreinar sem geta náð orkusparnaði sem krefst minni háttar fjárfestinga og/eða breytinga á framleiðsluferli og felur ekki í sér neina sérstaka efnahagslega, lagalega eða tæknilega þröskulda. Það er (a) verslun og þjónusta og (b) járnlaus hrámálmsiðnaður.

#### Verslun og þjónusta

Helstu drifkraftar raforkunotkunar í verslun og þjónustu á Íslandi felast í lýsingu, notkun raftækja (t.d. tölvur) og framleiðslu- eða þjónustuferli (t.d. kæli í verslun). Ólíkt mörgum öðrum löndum fer tiltölulega lítil raforka í loftræstingu þar sem hún er aðallega framkvæmd með því að opna glugga eða dreifa köldu vatni í gegnum hitunareiningar.

Með því að skipta yfir í díóðulýsingu, fjárfesta í orkunýtnari tækjum og búnaði telur Implement að mögulegt sé að spara 320 GWst á ári.

#### Járnlaus hrámálmsiðnaður

Á Íslandi er einn framleiðandi að járnlausum hrámálmi, kísilmálmverksmiðja PCC á Bakka. Verksmiðjan tók tiltölulega nýlega til starfa en fyrsti ofn hennar var tekinn í notkun árið 2018. Síðan þá hefur framleiðslan vaxið öruggum skrefum. Þegar skýrsla Implement var birt var notast við upplýsingar frá árinu 2021 þegar kísilmálmverksmiðjan framleiddi tæp 19.000 tonn af 66.000 tonna leyfilegri afkastagetu. Það var því mat Implement að með því að keyra verksmiðjuna á auknum afköstum væri hægt að ná fram betri orkunýtni með lægri orkunotkun á hverja framleidda einingu, þótt heildarnotkun raforku aukist við það.

<sup>17</sup> Uppfært m.v. tölur frá 2022

Samkvæmt nýjustu opinberu tölum frá PCC á Bakka jókst framleiðslan upp í rúm 31.000 tonn árið 2022.<sup>18</sup> Við þá framleiðsluaukningu batnaði orkunýtni úr 13,79 kWst/tonn í 13,52 kWst/tonn. Þegar orkunýtnin við framleiðslu ársins 2022 er uppreiknuð miðað við hagkvæmasta mögulega framleiðsluferli samkvæmt skilgreiningu Evrópusambandsins (11,87 kWst/tonn) má gera ráð fyrir að hægt sé að auka orkunýtni um 51 GWst/ári.

Að því sögðu ætti ekki að gera ráð fyrir því að bætt orkunýtni muni skila sér í auknu magni raforku til annarra nota því líkt og fram hefur komið á enn eftir að skala upp framleiðsluna umtalsvert. Þannig mun kísilverið líklega nýta meiri raforku heilt yfir þótt magn raforku á hvert tonn verði minna.

#### Tafla 9. Mat á mögulegum orkusparnaði fyrir verslun og þjónustu og járnlausan hrámálsíðnað.

Geiri	2024–2030	2030–2040
Verslun og þjónusta	-320 GWst/ári	
Járnlausir hrámálmur	-51 GWst/ári	
<b>Samtals</b>	<b>-391 GWst/ári</b>	

#### 5.2.2. Framkvæmanlegt (2030–2035)

Þegar litið er til næstu 5–10 ára er talsvert af verkefnum sem krefjast umtalsverðrar fjárfestingar en ættu engu að síður að teljast álitlegur kostur til að auka orkunýtni. Þau verkefni sem falla undir þennan flokk eiga það sammerkt að vera minni háttar aðgerðir sem eru nauðsynlegar til að ná sem mestum orkusparnaði.

#### Raforkunotkun heimila

Á Íslandi mældist raforkunotkun heimila 2,4 MWst á mann árið 2021. Þegar hlutur rafhitunar er frádreginn dregst raforkunotkunin talsvert saman og mælist 1,73 MWst/mann. Í alþjóðlegum samanburði er þessi raforkunotkun talsvert yfir meðaltali Evrópuríkja (ESB-27) en talsvert undir meðaltali Norðurlandanna, líkt og sjá má í töflunni hér að neðan.

<sup>18</sup> Grænt bókhald 2022. Skýrsla PCC BakkaSilicon skv. reglugerð nr. 851/2002

**Tafla 10. Raforkunotkun í alþjóðlegum samanburði.**

	Raforkunotkun heimila MWst/mann (2021)	Raforkunotkun heimila án rafhitunar MWst/mann (2021)
Noregur	7,4	2,64
Svíþjóð	4,5	2,64
Meðaltal Norðurlandanna	4,12	1,97
Finnland	4,4	1,88
Ísland	2,4	1,73
Danmörk	1,9	1,58
ESB-27	1,7	1,19

Þessi raforkunotkun felst fyrst og fremst í lýsingu og notkun raftækja. Hafa ber í huga að þessar tölur eru mjög breytilegar eftir stærð heimila þar sem lítil heimili nota hlutfallslega meira rafmagn en stór heimili, t.a.m. vegna þess að öll heimili þurfa að nota sömu eða álíka raftæki óháð stærð heimila og fjölda íbúa. Heimili hafa nú þegar náð að draga úr raforkunotkun á liðnum áratug en þá þróun má fyrst og fremst rekja til orkunýtnari ljósapera og heimilistækja. Síðastliðin ár hefur þróunin með hraðri fjölgun snjalltækja snúist lítillaga við og búast má við því að samhliða þróun gervigreindar muni raforkufrekari tækjum fjölga á heimilum. Dæmi um það eru hleðslustöðvar fyrir rafbíla sem munu auka raforkunotkun heimila samhliða því sem rafbílur ryðja sér til rúms í auknum mæli.

Að því sögðu eru talsverð tækifæri til aukinnar raforkunýtni á heimilum með að skipta yfir í díóðulýsingu, orkunýtnari raftæki og með breyttu hegðunarmynstri. Implement lítur til Danmerkur í því samhengi og gerir ráð fyrir að íslensk heimili geti dregið úr raforkunotkun niður í 1,58 MWst á mann sem samsvarar 58 GWst/ári. Í Danmörku er áætlað að hægt sé að draga úr raforkunotkun um 18% til viðbótar. Á sama tíma þarf að hafa í huga að hluti raforkunotkunarinnar skýrist af landfræðilegri legu landanna en íslensk heimili munu alltaf nýta meiri orku til lýsingar þar sem Ísland nýtur færri sólarstunda en lönd á suðlægari slóðum.

Loks eru einhverjir raforkusalar farnir að bjóða upp á mismunandi verð á raforku innan sólarhringsins sem býr til efnahagslega hvata fyrir heimili til að stýra raforkunotkun sinni þannig t.d. að þau verk sem hægt er að vinna á nóttunni eins og þvottur eða hleðsla á rafbíl séu framkvæmd þá fremur en á daginn. Búast má við því að þessi þróun haldi áfram samhliða uppsetningu snjallmæla á heimili landsins.

## Hitaveita

Ísland er í öfundsverðri stöðu þegar kemur að nýtingu jarðvarma til húshitunar en þjóðin bar gæfu til þess að hafa fjárfest í hitaveituvæðingu allt frá árinu 1920. Stór skref voru tekin á næstu áratugum og árið 1971 hafði tekist að hitaveituvæða Reykjavík. Eftir sátu mörg þéttbýli og dreifbýli á landsbyggðinni sem sum hver njóta ekki hitaveitu enn þann dag í dag. Þau heimili og fyrirtæki notast flest við rafhitun í einu formi eða öðru sem er talsvert kostnaðarsamari en hitaveita.

Ísland hefur algjöra sérstöðu á heimsvísu þegar kemur að notkun á orku til húshitunar (hitaveita og rafmagn) en árið 2020 notaði hver Íslendingur að meðaltali 14 MWst á ári í húshitun, margfalt meira en aðrar þjóðir í Evrópu og talsvert meira en á hinum Norðurlöndunum. Eina þjóðin sem stenst einhvern samanburð við Ísland er Finnland sem hefur löngum verið þekkt fyrir gufuböð.

### Tafla 11. Notkun heimila á orku til húshitunar/kælingar.

Land	MWst á mann, 2020
Ísland	14,0
Finnland	8,9
Noregur	6,8
Danmörk	6,7
Svíþjóð	5,4

Íslendingar sem ekki hafa greiðan aðgang að hitaveitu þurfa að reiða sig á rafmagn til húshitunar með eftirfarandi leiðum:

- Bein rafhitun í gegnum rafmagnspiljur og/eða varmadælur á heimilum. (260 GWst á ári)
- Rafkatlar og stórar varmadælur sem notaðar eru í hitaveitukerfum sem viðbót við jarðhitaauðlindir auk þess að dæla heitu vatni í kerfin. Einnig bein rafhitun í fyrirtækjum. (126 GWst á ári)
- Dælur og annar rafbúnaður sem notaður er til að knýja framleiðslu á varma, t.d. að dæla jarðhitavatni. (85 GWst á ári)

Í skýrslu Implement er reiknaður út mögulegur samdráttur í raforkunotkun vegna húshitunar sem væri hægt að ná með tvenns konar hætti:

- Annars vegar er gert ráð fyrir að hægt sé að spara allt að 30%<sup>19</sup> raforkunotkun heimila, sem nota beina rafhitun, með uppsetningu varmadæla. Það myndi spara um 78 GWst á ári.

<sup>19</sup> Engin orkusóun, bls. 30.

- Hins vegar er gert ráð fyrir að hægt sé að skipta út rafkötlum sem hita vatn inn á hitaveitukerfi, t.d. á Vestfjörðum Seyðisfirði og í Vestmannaeyjum fyrir t.d. sjóvarmadælur og viðbótarjarðhita. Samkvæmt ætlun Orkustofnunar gæti þetta sparað um 100 GWst á ári.

### Varmadælur

Starfshópi um bætt orkunýtni og ný tækifæri til orkuöflunar var falið að skoða sérstaklega hvaða möguleikar væru til staðar við hitaveituvæðingu og varmadæluvæðingu þar sem jarðvarmahitaveita er ekki til staðar og þarf að nota raforku til húshitunar. Með varmadælum eru tækifæri til að bæta orkunýtni og spara orku umtalsvert, svo ekki sé minnst á það kostnaðarhagræði sem það fæli í sér, en gera má ráð fyrir að hægt sé að spara húshitunarkostnað um 50–80% á ári hverju með notkun varmadæla í stað rafhitunar. Góður árangur hefur náðst í að hvetja til varmadæluvæðingar á smærri skala en ríkið hefur stutt við fjárfestingar í varmadælum frá árinu 2009. Styrktarkerfið var svo endurskoðað árið 2022 sem hefur þegar haft í för með sér árlegan orkusparnað upp á 2,7 GWst.

Eftir stendur að stærri verkefni, svo sem nýting glatvarma til hitaveituvæðingar, þyrftu sérstakt samkomulag ríkis, sveitarfélags og orkuframleiðandans/iðnfyrirtækisins sem fæli m.a. í sér styrk eða endurgreiðslu kostnaðar við að koma kerfinu á laggirnar. Mikill stofnkostnaður við slík verkefni hefur fælandi áhrif þótt þau kunni að vera arðbær til lengri tíma lítið.

Við vinnu skýrslu Implement voru ekki nægilegar upplýsingar til staðar til að meta hvort hægt sé að draga úr rafmagnsnotkun í almennu framboði á hita, sem og hvort mögulegt sé að spara orku með því að endurnýta heitt vatn frá heimilum sem nú rennur sem affall.

Til að bæta upplýsingagjöf um orkunýtni húsnæðis er á vegum samstarfsvettvangsins *Byggjum grænni framtíð*<sup>20</sup> verið að vinna að kortlagningu raunorkunotkunar varma, rafmagns og vatns á Íslandi ásamt orkunotkun mismunandi tegunda bygginga. Þá er lagt upp með að þær upplýsingar væru nytsamlegt innlegg í samræmda aðferðafræði við orkuútreikninga mannvirkja sem gera neytendum kleift að taka upplýstari ákvörðun um áætlaða orkunotkun húsnæðis sem er til sölu eða leigu.<sup>21</sup> Þær upplýsingar myndu þá nýtast sem

<sup>20</sup> Samstarfsvettvangurinn var settur upp á grundvelli aðgerðar C.3, um loftslagsáhrif byggingariðnaðarins, í aðgerðaáætlun Íslenskra stjórnvalda í loftslagsmálum.

<sup>21</sup> Bætt orkunýtni og ný tækifæri til orkuöflunar, bls. 45.



verðmerki inn á markaði og ættu þannig að hækka verð á orkunýtnari eignum og lækka verð á eignum með lélega orkunýtni sem til lengri tíma ætti að nýtast til að draga úr orkunotkun.

### Landbúnaður

Skipta má raforkunotkun landbúnaðar í tvo meginþætti, (1) raforkunotkun í búrekstri og (2) raforkunotkun gróðurhúsa og garðyrkju. Undir raforkunotkun búrekstrar fellur öll raforkunotkun búrekstrar og heimila, t.d. vegna áveitu, loftræstingu húsa fyrir dýr, kælingu til mjólkurframleiðslu, lýsingar og upphitunar. Undir gróðurhús og garðyrkju fellur aðallega raforkunotkun vegna ljósa sem notuð eru til vaxtar og rafmagn til dælingar.

Í alþjóðlegum samanburði notar íslenskur landbúnaður tiltölulega mikið rafmagn á hverja framleidda einingu. Árið 2020 notaði íslenskur landbúnaður 0,92 MWst á hver \$1000 verðmæti landbúnaðarframleiðslu. Það er næsthæst allra Evrópulanda en meðalraforkunotkun 27 Evrópulanda er 0,15 MWst á hverja \$1000. Helstu skýringar á þessari miklu raforkunotkun má rekja til legu landsins að teknu tilliti til jarðvegs, fjölda sólarstunda og lágs hitastigs o.s.frv. sem eykur þörf á rafmagni. Að því sögðu eru tækifæri til staðar til að bæta orkunýtni.

Implement skoðaði einnig umgjörð opinbers stuðnings vegna raforkunotkunar gróðurhúsa.<sup>22</sup> Í því samhengi er skilyrði fyrir beingreiðslu vegna flutnings- og dreifingarkostnaðar raforku fyrir framleiðendur garðyrkjuafurða að ársnotkun til lýsingar þurfi að vera meira en 100 MWst á ári.<sup>23</sup> Þetta gæti stuðlað að því að aðilar sem eru rétt undir viðmiðunarmörkunum sói raforku til þess að ná upp fyrir 100 MWst lágmarkið til að eiga rétt á allt að 95% niðurgreiðslu á flutnings- og dreifikostnaði raforku.

Þar sem ekki liggja fyrir greiningar á möguleikum til aukinnar orkunýtni í landbúnaði á Íslandi notaðist Implement við ítarlega greiningu frá Danmörku sem heimfærð var á íslenskan landbúnað. Út frá henni má gera ráð fyrir að mögulegur sparnaður í búrekstri og gróðurhúsum og garðyrkju sé eftirfarandi:

### Búrekstur

**Tafla 12. Mögulegur orkusparnaður í búrekstri.**

Aðgerð	Raforkunotkun GWst/ári (%)	Mögulegur sparnaður GWst/ári (%)
Dæling	32,34 (22%)	8,09 (25%)
Loftræsting	19,11 (13%)	5,35 (28%)

<sup>22</sup> Engin orkusóun, bls. 34

<sup>23</sup> [Reglugerð um stuðning við garðyrkju nr. 1273/2020](#)

Lýsing	19,11 (13%)	4,20 (22%)
Suða/hitun	17,64 (12%)	2,29 (13%)
Kæling/frysting	13,23 (9%)	3,44 (26%)
Annað	45,57 (31%)	
Samtals	147,00 (100%)	23,37 (16%)

### Gróðurhús og garðyrkja

**Tafla 13. Mögulegur orkusparnaður gróðurhúsa og garðyrkju**

Aðgerð	Raforkunotkun GWst/ári (%)	Mögulegur sparnaður GWst/ári (%)
Lýsing	63,84 (57%)	15,96 (25%)
Dæling	16,80 (15%)	4,20 (25%)
Annað	31,36 (28%)	
Samtals	112,00 (13%)	20,16 (18%)

### Flutnings- og dreifitöp

Orkutöp eiga sér óumflýjanlega stað við flutning og dreifingu raforku. Það kann að hljóma þversagnakennt að tala um orkutöp sem raforkunotkun en með því er átt við að raforkan sem framleidd er komist ekki að öllu leyti á endastað heldur tapast á leiðinni. Þessi orkutöp samanstanda annars vegar af kjarnatapi og hins vegar viðnámstapi.

- Kjarnatöp tengjast kraftinum sem þarf til að stjórna dreifikerfinu og er óháð raforkuflæði. Kjarnatöp má finna í tengivirkjum og spennistöðvum.
- Viðnámstöp tengjast aftur á móti viðnámi línanna og vaxa í veldisvexti með auknu rafstreymi. Viðnámstöp má finna í tengivirkjum, spennustöðvum og flutnings- og dreifilínunum.

Samkvæmt 10 ára framkvæmdáætlun kerfisáætlunar Landsnets fyrir árin 2021–2030 á að vera hægt að draga úr orkutapi sem nemur um 4,2% af heildarorkutapi. Það jafngildi 16 GWst á ári. Í þeirri áætlun er gert ráð fyrir styrkari tengingum frá Hvalfirði við austurhluta svæðisins og aðflutningskerfinu á Vestfjörðum ásamt endurnýjun á eldri línunum og búnaði í tengivirkjum og rofum.

Mögulegt væri að ná fram enn betri orkunýtni með frekari fjárfestingum til viðbótar við 10 ára áætlunina. Í því samhengi birti Landsnet tvær mögulegar framkvæmdáætlanir (Kostur H og Kostur B) sem gætu dregið úr orkutapi um 5,8–6,4% eða 19–28 GWst á ári.

Í nýrri kerfisáætlun Landsnets fyrir árin 2023–2032 kemur fram að jafnvel þótt farið yrði eftir forsendum sem lágu til grundvallar sviðsmyndum í fyrri kerfisáætlun myndi það ekki duga til að ná fram orkuskiptum fyrir árið 2040. Að því sögðu er ekki að finna frekari forsendur til að meta hvort hægt sé að draga enn frekar úr orkutapi. Þannig munu forsendur kerfisáætlunar 2021–2030 liggja til grundvallar þeim tillögum sem lagðar verða fram í þessari skýrslu. Landsnet mun á næstunni ýta úr vör verkefni sem felur í sér endurmat forsendna og endurmótun flutningskerfisins svo það geti staðið undir þeim breytingum sem fyrir séðar eru svo ná megi fram orkuskiptum í landinu.

### Fiskimjölsverksmiðjur

Í fiskimjölsverksmiðjum er annars vegar framleitt fiskimjöl sem er fyrst og fremst notað sem fôður og áburður og hins vegar framleitt lýsi sem er notað við framleiðslu matvæla ásamt því að vera notað í ákveðnum iðnaðarferlum. Vinnsluferli fiskimjölsverksmiðja er orkufrekt og breytilegt eftir því hvaða fisk og afurðir verið er að vinna hverju sinni. Í ljósi þess hafa verksmiðjurnar þurft að treysta á samninga um skerðanlega raforku og notast við olíu sem varaorkugjafa þegar skortur er á rafmagni.

Því hefur aðaláhersla þeirra fyrirtækja sem starfa á þessum vettvangi snúið að orkuskiptum með því að rafvæða verksmiðjurnar alfarið. Það eitt og sér felur ekki beint í sér bættu orkunýtni heldur fyrst og fremst orkuskipti, sem fjallað er betur um í 7. kafla.

Tækifæri til aukinnar orkunýtni hjá fiskimjölsverksmiðjum felast fyrst og fremst í bættu framleiðsluferli með lækkingu hitastigs bræðslu og bættu þurrkunar- og uppgufunarferli. Til viðmiðunar hefur rannsóknarmiðstöð framkvæmdastjórnar Evrópusambandsins gefið út skýrslu sem skilgreinir bestu mögulegu ferla í þessum iðnaði en samkvæmt þeim væri hægt að ná fram 24 GWst í orkusparnaði.<sup>24</sup>

### Hráalsframleiðsla

Á Íslandi eru starfandi þrjú álver sem eru í eigu Norðuráls, Rio Tinto og Alcoa sem framleiða saman um 860.000 tonn af áli á ári. Árið 2021 notuðu þessi þrjú álver samtals 12.454 GWst af raforku sem jafngildir 64% af heildarraforkunotkun á árinu. Markviss skref hafa verið tekin í greininni á heimsvísu til þess að gera álframleiðsluferlið sem hagkvæmast, m.a. að teknu tilliti til raforkunotkunar. Álverin á Íslandi eru þar engin undantekning og er raforkunotkun ekki langt yfir viðmiði greinarinnar um hagkvæmustu mögulegu raforkunotkun á hvert framleitt tonn af áli. Að því sögðu eru framleiðsluferlar í steypuskálum eftir að álið er brætt mismunandi, hlutfall aukaefna mismunandi og endanlegar afurðir þeirra eru ólíkar og því eru ólík tækifæri til aukinnar orkunýtni hjá hverju álveranna. Hér

---

<sup>24</sup> Engin orkusóun og <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC135916>

verður aðeins horft til bræðsluferlis sem er nokkuð samanburðarhæft milli álveranna. Ef bræðsluferlið næði að uppfylla núverandi viðmið ESB fyrir orkunýtni í greininni með því að hámarka virkni rafskauta, minnka rafskautatöp og bæta stjórn ferla væri hægt að ná fram sparnaði upp á 47–177 GWst á ári á næstu 10 árum. Til lengri tíma litið væri hægt að ná fram enn betri raforkunýtni en slíkt myndi kalla á endurnýjun eða útskiptingu núverandi álvera sem verður að teljast ólíklegt að komi til framkvæmda á næstu 15 árum.

**Tafla 14. Mögulegur orkusparnaður til 2040**

	2024–2030	2030–2040
Raforkunotkun heimila		-58 GWst/ári
Húshitun		-178 GWst/ári
Landbúnaður		-43 GWst/ári
Flutnings- og dreifitöp		-16 GWst/ári
Fiskimjölsværsmiðjur		-24 GWst/ári
Áliðnaður		-47 til -177 GWst/ári
<b>Samtals</b>		<b>-366 – 496 GWst/ári</b>

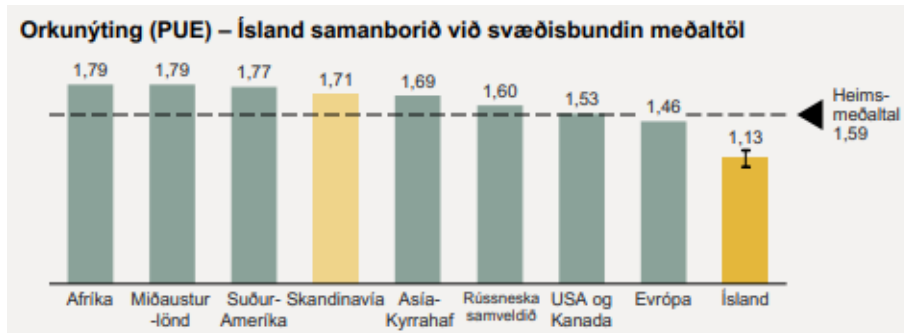
### 5.2.3. Afar erfitt í framkvæmd (2035+)

#### Járnblendir

Járnblendiverksmiðja Elkem á Grundartanga sem framleiðir kísiljárn er tiltölulega gömul verksmiðja en kísilmálmofnarnir voru teknir í notkun 1979, 1980 og 1999. Þrátt fyrir það er raforkunýtni framleiðslunnar mjög nálægt viðmiði ESB fyrir vöruna. Það hefur því tekist vel til hjá Elkem að ná góðri raforkunýtni. Til að ná fram ennþá betri raforkunýtni þyrfti að ráðast í mjög umfangsmiklar fjárfestingar sem myndu skila takmörkuðum árangri svo ólíklegt er að slíkar fjárfestingar borgi sig að svo stöddu.

#### Gagnaver

Ísland er mjög heppilegt fyrir gagnaver í ljósi þess að hér er boðið upp á ódýra, áreiðanlega og endurnýjanlega orku í köldu loftslagi sem dregur úr þörf á að nýta raforku til loftkælingar. Fyrir vikið er orkunýtni gagnavera á Íslandi töluvert undir því sem gengur og gerist í Evrópu og þótt víðar væri leitað.



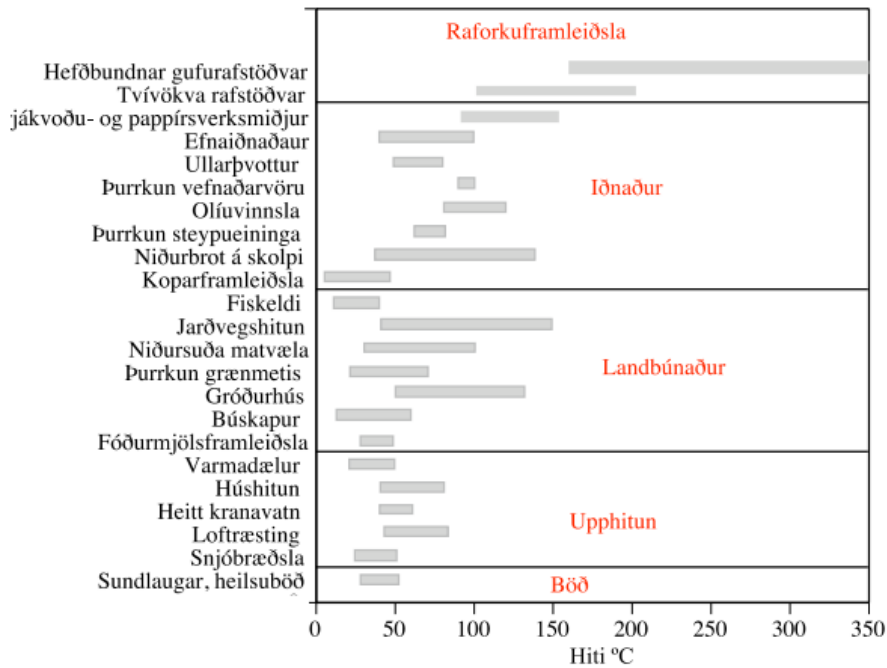
**Mynd 9. Orkunýting (PUE) - Ísland borið saman við svæðisbundin meðaltöl**

Eins og stendur eru því ekki miklir möguleikar til að ná fram bættri orkunýtni í gagnaverum á Íslandi. Implement vísar þó til þess að rannsaka ætti tvær aðgerðir sem gætu stuðlað að bættri orkunýtni:

1. Samþætta álag á netþjóna og innri kælikerfi.
2. Endurskoða staðla fyrir nauðsynlegt hitastig í netþjónsherbergjum, séu þeir of takmarkandi.

### 5.3. Fjölnýting auðlindastrauma

Til að hámarka virði orkunnar á Íslandi er ekki einvörðungu mikilvægt að nýta hana með sem hagkvæmustum hætti, sbr. hugmyndafræðina á bak við bætta orkunýtni, heldur einnig að nýta eins og kostur er þær hliðarafurðir sem verða til við orkuvinnslu, orkunotkun og meðhöndlun úrgangs, svo dæmi séu tekin. Með því er hægt að endurnota orku sem notuð er í ákveðin framleiðsluferli og beisla hana þar af leiðandi oftast en einu sinni og mögulega oftast en tvisvar. Þannig getur fjölnýting auðlindastrauma leikið mikilvægt hlutverk í hringrásarhagkerfinu og stuðlað að minni orkusóun.



**Mynd 10. Línurit Baldurs Líndal sem sýnir notkunarmöguleika jarðhitavatns og gufu eftir hitastigi**

Miklar tækniframfarir hafa átt sér stað síðustu árin í þessa veru, hvort sem litið er til jarðvarmavera, glatvarma frá iðnaði eða framleiðslu lífoldsneytis. Fjölmörg áform um uppbyggingu grænna iðngarða og núverandi auðlindagarðar eru til marks um þau mörgu tækifæri sem felast í fjölnýtingu auðlindastrauma til að hámarka verðmæti orkunnar og afurða hennar.

### 5.3.1. Framkvæmanlegt (2030–2035)

#### Glatvarmi frá iðnaði

Við framleiðslu í iðnaði myndast oft á tíðum talsverður varmi sem hleypt er út í andrúmsloftið án þess að hann sé nýttur frekar. Varminn er nefndur glatvarmi en á síðastliðnum árum og áratugum hafa iðnaðarfyrirtæki sýnt því aukinn áhuga að nýta hann eins og kostur er. Þannig hefur t.d. gufa sem skapast við iðnaðarferla verið nýtt til hitaveitu eða rafmagnsframleiðslu.

Í skýrslu Implement er gert ráð fyrir að hægt sé að ná fram 357–500 GWst á ári með nýtingu glatvarma frá þremur orkusæknum verksmiðjum; Elkem á Grundartanga, Alcoa Fjarðaáli á Reyðarfirði og PCC á Bakka. Eftir stendur að ekki liggja fyrir upplýsingar um hve mikinn glatvarma sé hægt að nýta frá öðrum verksmiðjum eins og Rio Tinto í Straumsvík, Norðuráli á Grundatanga og TDK á Akureyri. Þó liggur fyrir yfirlýsing um samstarf milli Norðurorku og TDK um nýtingu glatvarma til hitaveitu í Eyjafirði.

Í loftslagsvegvísi atvinnulífsins sem birtur var haustið 2023 er gert ráð fyrir að hægt sé að ná fram 400–500 GWst á ári með nýtingu glatvarma hjá

kísilmálverksmiðjunum Elkem og PCC. Það eru því talsvert hærrí tölur en birtar voru í skýrslu Implement.

Við þær tölur bætast möguleikar á nýtingu glatvarma hjá álverunum þremur, Alcoa Fjarðaáli, Norðuráli og Rio Tinto, en samkvæmt loftslagsvegvisi atvinnulífsins krefst það frekari rannsókna á frumframleiðslustigi hvort mögulegt, hægkvæmt og ákjósanlegt sé að endurnýta glatvarma í álverum.

**Tafla 15. Möguleikar á nýtingu glatvarma**

	2024–2030	2030–2040
Nýting glatvarma frá kísilmálverksmiðjum		-400-500 GWst/ári
Nýting glatvarma frá álverum		

Samantekið gerir skýrsla Implement ráð fyrir að tæknilega mögulegt sé að ná fram orkusparnaði upp á 1507 GWst á ári. Það gerir orkusparnað upp á allt að 8% af heildarraforkunotkun árið 2022. Við vinnslu þessara skýrslu hafa þessar tölur verið uppfærðar m.v. nýjustu tölur sem skýrir þann mismun sem finna má milli talna. Bent er á að í sumum tilvikum byggði starfshópurinn vinnu sína á nýrri eða öðrum forsendum en byggt er á í skýrslu Implement.

Til að niðurstöður þessa kafla geti reynst gagnlegar í orkuskiptaáætlun þarf að skilgreina þrjú meginéinkenni fyrir hverja aðgerð:

- **Tímabil:** Á hvaða tímabili má áætla að þessar aðgerðir komist til framkvæmda; 2025–2030, 2030–2040 eða eftir 2040?
- **Viðbrögð stjórnvalda:** Þurfa stjórnvöld að bregðast við til þess að aðgerðirnar megi raungerast?
- **Raforkusparnaður:** Mun aðgerðin draga úr raforkueftirspurn?

Eftirfarandi aðgerðir má gera ráð fyrir að geti komið til framkvæmda fram til ársins 2040:

**Tafla 16. Aðgerðir sem ættu að geta komið til framkvæmda fram til ársins 2040**

	2024–2030 (GWst/ári)	2030–2040 (GWst/ári)	Viðbrögð stjórnvalda	Raforku- sparnaður
Verslun og þjónusta	-320		Nei	Já
Járnlausir hrámálmar	-51		Nei	Nei
Raforkunotkun heimila		-58	Já	Nei

Húshitun		-178	Já	Já
Landbúnaður		-43	Já	Já
Flutnings- og dreifitöp		-16	Já	Já
Fiskimjölsverksmiðjur		-24	Já	Já/Nei
Áliðnaður		-112 <sup>25</sup>	Nei	Já
Nýting glatvarma		-450 <sup>26</sup>	Já	Já
<b>Samtals</b>	<b>-371</b>	<b>-881</b>		

Samandregið má því gera ráð fyrir að möguleiki til orkusparnaðar fram til ársins 2030 sé allt að 320 GWst í verslun og þjónustu, í ljósi þess að afar ólíklegt sé að bætt orkunýtni í kísilmálmverksmiðju PCC á Bakka muni skila sér til annarra raforkunotenda heldur mun hún fyrst og fremst fara í framleiðslu á bættri vöru í sömu verkmiðju. Þessi árangur ætti að nást án nokkurra sérstakra ráðstafana stjórnvalda umfram það sem er í dag.

Þegar litið er lengra fram í tímann (2030–2040) má hins vegar gera ráð fyrir að hægt sé að ná fram raforkusparnaði upp á 881 GWst á ári. Til að ná þessum árangri þurfa stjórnvöld að grípa til markvissra aðgerða.

### Raforkunotkun heimila (án húshitunar)

- Í skýrslu Implement er fyrst og fremst fjallað um ávinning þess að skipta yfir í díóðulýsingu á íslenskum heimilum. Þessar breytingar búa yfir efnahagslega jákvæðum hvata þar sem rekstur á díóðuljósum er hagkvæmari en á halógenljósum. Því má gera ráð fyrir að þessi umskipti muni eiga sér stað án sérstakra inngripa íslenskra stjórnvalda umfram það sem þegar hefur verið gert.
- Á sama tíma á sér stað hröð þróun í snjallvæðingu ýmissa tækja sem mun gera heimilum kleift að stýra raftækjunum úr símanum. Þessi þróun hefur í för með sér ýmis tækifæri til að draga úr raforkunotkun, þannig að dregið verði úr notkun þegar lítil þörf er til staðar og hún aukin þegar lítil eftirspurn er almennt eftir raforku, t.d. á nóttunni. Til að slíkur

<sup>25</sup> Meðaltaláætlun skv. skýrslu Implement. Ætla má að bætt orkunýtni geti verið á bilinu 47-177 GWst á ári

<sup>26</sup> Meðaltal samkvæmt loftslagsvegvisi atvinnulífsins. Ætla má að bætt orkunýtni geti verið á bilinu 400-500 GWst á ári.



árangur náist þarf að  **tryggja að efnahagslegir hvatar séu til staðar fyrir fólk til þess að stýra sinni raforkunotkun.**

### Húshitun

- Árið 2022 var styrktarumhverfi til uppsetningar varmadæla endurskoðað til að ná betur til bættrar raforkunýtingar á lögheimilum með rafhitun.
- Eftir stendur nokkur fjöldi þéttbýlissvæða sem hafa ekki geta nýtt jarðvarma til húshitunar nema í besta falli að litlu leyti. Leita þarf fjölbreyttra lausna til að leysa af hólmi notkun jarðefnaeldsneytis og skerðanlegrar raforku til húshitunar. Slíkt mun ekki takast nema með fjárfestingum sem eru mjög umfangsmiklar fyrir smærri byggðarlög. Því beinir starfshópurinn því til ráðuneytisins að **þróa fjárfestingastyrkjaumhverfi í þessa veru með það að markmiði að leysa alfarið af hólmi niðurgreiðslukerfi stjórnvalda.**

### Landbúnaður

- Endurskoða þarf beingreiðslustyrki til framleiðenda garðyrkjuafurða vegna flutnings- og dreifikostnaðar raforku með það fyrir augum að stuðla að bættri orkunýtni frekar en meiri raforkunotkun til lýsingar umfram 100 MWst á ári.

### Flutnings- og dreifitöp

- Í kerfisáætlun Landsnets 2021–2030 eru lagðar fram þrjár sviðsmyndir til viðbótar við 10 ára áætlun Landsnets.
- Með því að **setja aukna fjármuni til að draga úr flutningstöpum** og ráðast í framkvæmdir í samræmi við þá sviðsmynd sem gengur lengst væri hægt að draga úr flutningstöpum um 28 GWst í stað 16 GWst samkvæmt 10 ára áætlun Landsnets.

### Fiskimjölsverksmiðjur

- Í skýrslu Implement er bent á möguleika fiskimjölsverksmiðja til að draga úr raforku með því að lækka eldunarhita fisksins um 5°C á sama tíma og gæði afurðarinnar munu aukast. Fyrirtækin ættu að sjá hag sinn í að ráðast í þessar breytingar á framleiðsluferlinu án sérstakrar aðkomu stjórnvalda.

### Áliðnaður

- Implement gerir ráð fyrir að hægt væri að ná fram ákveðnum raforkusparnaði með breyttu rafgreiningarferli í samræmi við viðmið um hagkvæmasta ferlið frá ESB.

### Nýting glatvarma

- Möguleikar á nýtingu glatvarma hafa verið skoðaðir við álverið í Reyðarfirði, en þéttbýlið Reyðarfjörður er að öllu leyti rafhitað. Ef fyrir væru innviðir fyrir hitaveitu á Reyðarfirði væri verkefnið líklega lengra komið en kostnaður við lagningu veitu er umtalsverður sem legðist ofan á kostnað við föngun glatvarmans. Ef það yrði að veruleika myndu losna um 5 MW af raforku sem hingað til hafa farið í rafhitun. **Til að verkefni eins og hitaveituvæðing Reyðarfjarðar með nýtingu glatvarma verði að veruleika mun þurfa að koma til stuðningur við stofnkostnað en til lengri tíma mun það leiða til minni stuðnings í formi niðurgreiðslu á húshitunarkostnaði vegna rafhitunar.**

## 5.4. Niðurstöður og tillögur

Niðurstöður og tillögur 5. kafla má draga fram með eftirfarandi hætti:

1. Tryggja þar að efnahagslegir hvatar séu til staðar fyrir íbúa til þess að stýra sinni raforkunotkun heima fyrir, lýsingu, notkun heimilistækja, snjalltækjum og virkjun gervigreindar.
2. Þar sem nokkuð mörg landsvæði geta ekki nýtt jarðvarma til húshitunar, eða mjög takmarkað, þarf að þróa nýtt styrkjakerfi vegna fjárfestinga til húshitunar með því markmiði að leysa af hólmi niðurgreiðslukerfi stjórnvalda.
3. Endurskoða verður regluverk um stuðningskerfi í ylrækt með það að markmiði að bæta orkunýtni og draga úr sóun, þ.m.t. beingreiðslur vegna flutnings- og dreifikostnaðar og einnig viðmiðunarmörk sem nú eru 100 MWst á ári.
4. Leggja þarf fram meiri fjármuni til þess að draga úr flutningstöpum í kerfi Landsnets í samræmi við þá sviðsmynd fyrirtækisins sem lengst gengur samkvæmt kerfisáætlun til 10 ára.

5. Fara ætti yfir það með álverunum hvort og hvernig ná megi fram ákveðnum raforkusparnaði með breyttu rafgreiningarferli í samræmi við viðmið um hagkvæmasta ferli frá ESB, eins og fram kemur í nýlegri skýrslu Implement.
6. Greina þarf möguleika á nýtingu glatvarma, tæknilega og með tilliti til hagkvæmni og kostnaðar með fyrir augum að greina þörf á fjárstuðningi ríkisins og hvort hann geti valdið minni stuðningi með styrkjum eða niðurgreiðslum á húshitunakostnaði vegna rafhitunar.



## 6. Markaður

Í þessum kafla er fjallað um raforkumarkaðinn. Með raforkumarkaði er vísað til raforkuviðskipta óháð því hvar og hvernig viðskiptin fara fram. Fjallað er um hlutverk aðila á markaði og þær breytingar sem eru að eiga sér stað á raforkumarkaði með tilkomu skipulegra markaðstorga og breyttar þarfir vegna orkuskipta, fjölbreyttari orkukosta og meiri þátttöku notenda. Þá er fjallað um orkuöryggisþátt markaðarins og markaðsbrest.

### 6.1. Inngangur

Eitt af markmiðum raforkulaga nr. 65/2003 er að skapa forsendur fyrir samkeppni í vinnslu og viðskiptum með raforku, með þeim takmörkunum sem nauðsynlegar reynast vegna öryggis raforkuafhendingar og annarra almannahagsmuna.

Fjallað er um vinnslu, flutning, dreifingu og sölu raforku í raforkulögum. Með setningu laganna urðu miklar breytingar á lagaumgjörð íslensks raforkumarkaðar sem var ætlað að skapa forsendur fyrir samkeppni í vinnslu og sölu raforku. Lögin innleiða í íslenskan rétt þá löggjöf sem tekin hefur verið upp í EES-samninginn og snertir innri markað með raforku. Lögin gera ráð fyrir því að lögmál markaðarins eigi að ráða á þessum sviðum en að flutningur og dreifing raforku sé náttúruleg einokunarstarfsemi og háð einkaleyfum og sérstöku eftirliti Raforkueftirlits Orkustofnunar.

Í greinargerð með frumvarpi því sem varð að raforkulögum er byggt á því að lögmál markaðarins um framboð og eftirspurn tryggi almennt fullnægjandi framboð raforku. Lykilatriði til að tryggja nægjanlegt framboð raforku í markaðskerfi sé að efnahagslegir hvatar séu til að byggja nýjar virkjanir með nægjanlega löngum fyrirvara fyrir vaxandi eftirspurn og ekki séu illfærar tálmanir af öðru tagi í vegi fyrir því.

Í orkustefnu segir að framboð og eftirspurn raforku þurfi að vera í stöðugu talsambandi þannig að verðmyndun á orku endurspegli framleiðslukostnað og virði með gagnsæjum hætti. Orkumarkaður þarf að vera opinn og innviðir móttækilegir fyrir innkomu nýrrar framleiðslu. Það er nauðsynlegt til að tryggja nægt framboð sem þjóni þörfum samfélagsins.

### 6.2. Þróun á raforkumarkaði og hlutverk aðila á markaði

#### 6.2.1. Gildistaka raforkulaga

Með gildistöku raforkulaga árið 2003 var lagður grunnur að markaðsfyrirkomulagi þegar kemur að kaupum og sölu á raforku. Í greinargerð með frumvarpi því sem

varð að raforkulögum segir að með frumvarpinu sé stefnt að því að skapa forsendur fyrir samkeppni, auka skilvirkni í flutningi og dreifingu og tryggja gæði og öryggi afhendingar og neytendavernd.

Með lögunum er skilið á milli sérleyfisstarfsemi raforkufyrirtækja, þ.e. flutnings og dreifingar raforku, annars vegar og hins vegar samkeppnisstarfsemi, vinnslu og sölu. Flutningur og dreifing raforku er háð einkaleyfi og eftirliti Raforkueftirlits Orkustofnunar og ákvörðunum eftirlitsstofnunarinnar um hámark tekna með setningu tekjumarka.

### 6.2.2. Innleiðing Evrópulöggjafar

Ákvæði raforkulaga um eftirlit á raforkumarkaði byggist á tilskipunum Evrópusambandsins á sviði raforkumála sem innleiddar hafa verið í íslenskan rétt á grundvelli aðildar Íslands að EES-samningnum.

Fyrsta raforkutilskipunin um sameiginlegar reglur um innri markað fyrir raforku (tilskipun 96/92/EB) var lögfest með lögum nr. 65/2003. Skömmu eftir gildistöku laganna var þeim breytt til að innleiða tilskipun 2003/54/EB. Þriðja raforkutilskipunin (tilskipun 2009/72/EB) felldi úr gildi tilskipun 2003/54/EB og tilskipun 96/92/EB. Þriðja raforkutilskipunin var tekin upp í EES-samninginn árið 2017 og lögfest hér á landi í raforkulög nr. 65/2003. Einn af grunnþáttum löggjafar Evrópusambandsins um raforkumál er sundurgreining samkeppnis- og sérleyfisþátta, til að tryggja jöfn samkeppnis-skilyrði og jafnan aðgang að raforkukerfum. Í EES-rétti er fellur raforka undir fjórþætta frelsið. Reglur EES-samningsins um orkumál falla undir IV. viðaukann við EES-samninginn. Viðaukinn tekur m.a. til innri orkumarkaðarins, krafna um orkunýtingu, vishönnunar og orkumerkinga. Viðaukinn tekur þannig til viðskipta með bæði raforku, jarðgas, eldsneyti og raftæki. Innri markaðurinn miðar að því að koma á raunverulegu vali fyrir neytendur á EES-svæðinu, hvort sem þeir eru borgarar eða fyrirtæki, nýjum viðskiptatækifærum og meiri viðskiptum yfir landamæri, í því skyni að ná aukinni skilvirkni, samkeppnishæfu verði og hærra þjónustustigi, og að stuðla að afhendingaröryggi og sjálfbærni.

### 6.2.3. Framleiðsla

Landsvirkjun, HS Orka og Orka náttúrunnar framleiða og selja raforku. Fyrir tilkomu viðskiptavettvanga seldu framleiðendur raforku í heildsölu beint til kaupenda. Tvö fyrirtæki hafa nú leyfi til að reka skipulegan raforkumarkað þar sem viðskipti með raforku fara fram.

Til að reisa og reka raforkuver yfir tilteknum stærðamörkum þarf leyfi Orkustofnunar. Eigendur virkjana með uppsett afl 30–1.000 kW skulu skila Orkustofnun tæknilegum upplýsingum um virkjun. Þá skal tilkynna Orkustofnun árlega um heildarraforkuvinnslu raforkuvera með uppsettu afli yfir 100 kW. Vinnslufyrirtækjum er heimilt að stunda sérleyfisstarfsemi en er óheimilt að niðurgreiða vinnsluna með sérleyfisstarfseminni eða starfsemi sem hefur

sambærilega stöðu. Vinnslufyrirtækjum ber að halda reikningum fyrir vinnslustarfsemi aðskildum frá annarri starfsemi í bókhaldi sínu.

Heimilt er að setja skilyrði fyrir útgáfu virkjunarleyfis er lúta að því að tryggja nægilegt framboð raforku, öryggi, áreiðanleika og skilvirkni raforkukerfisins og nýtingu endurnýjanlegra orkulinda, auk skilyrða er lúta að umhverfisvernd, landnýtingu og tæknilegri og fjárhagslegri getu virkjunarleyfishafa. Leyfi fyrir vatnsaflsvirkjun getur verið bundið því skilyrði að samningar takist um samrekstur annarra vatnsaflsvirkjana, vatnsmiðlana og jarðvarmavirkjana á viðkomandi virkjunarsvæði. Orkustofnun er heimilt að veita virkjunarleyfi með þeim fyrirvara að öðrum aðila kunnir að verða veitt leyfi til virkunar sem nýti sama vatnasvið eða jarðhitasvæði. Einnig er heimilt að endurskoða ákvæði virkjunarleyfis með tilliti til þessa og bæta í það ákvæðum sem nauðsynleg teljast til að tryggja heildarhagkvæmni í orkunýtingu vatnasviðsins eða jarðhitasvæðisins.

#### 6.2.4. Flutningur

Flutningur raforku er sérleyfisstarfsemi og samkvæmt raforkulögum skal eitt fyrirtæki annast flutning raforku og kerfisstjórnun. Það fyrirtæki er Landsnet hf. sem sett var á laggirnar með lögum nr. 75/2004, um stofnun Landsnets hf., en fyrirtækið tók formlega til starfa 1. janúar 2005. Í lögum um stofnun Landsnets hf. segir m.a. að hlutverk fyrirtækisins sé að annast flutning raforku og kerfisstjórnun samkvæmt ákvæðum III. kafla raforkulaga. Landsneti er óheimilt að stunda aðra starfsemi en þá sem því er nauðsynleg til að geta rækt skyldur sínar samkvæmt raforkulögum, en fyrirtækinu er þó heimilt að reka raforkumarkað, eiga og reka fjarskiptakerfi sem því er nauðsynlegt vegna rekstrarins og bjóða út umframflutningsgetu ef það hefur yfir slíkri flutningsgetu að ráða, svo fremi að samkeppni sé ekki raskað, selja út sérfræðipækkingu fyrirtækisins ef eftir því er leitað, svo fremi að samkeppni sé ekki raskað og að fengnu leyfi Samkeppniseftirlitsins og að eiga hlut í fjarskiptafélagi sem hefur það hlutverk að reka öryggisfjarskiptakerfi raforkukerfisins. Fyrirtækinu ber að halda reikningum vegna framangreindrar starfsemi aðskildum frá reikningum vegna annarrar starfsemi í bókhaldi. Stjórn Landsnets skal vera sjálfstæð gagnvart öðrum fyrirtækjum sem stunda vinnslu, dreifingu eða sölu raforku.

Landsneti er ætlað að byggja flutningskerfið upp á hagkvæman hátt að teknu tilliti til öryggis, skilvirkni, áreiðanleika afhendingar og gæða raforku og fyrirtækið hefur eitt heimild til að reisa ný flutningsvirki á 66 kV spennu eða hærri. Landsneti ber m.a. að tengja alla þá sem eftir því sækjast við flutningskerfið, að uppfylltum ákveðnum skilyrðum, auk þess að útvega rafmagn í stað þess sem tapast í kerfinu og launafl fyrir kerfið til að auka flutningsgetu og tryggja spennugæði.

Í kerfisstjórnun Landsnets felast kaup á reiðuafli, jöfnunaraflstryggingu og varaafli. Landsnet rekur jöfnunaraflsmarkað til að mæta frávikum í áætlunum í rauntíma. Raforkusalar skila inn tilboðum á jöfnunaraflsmarkaðinn, sem heimilar Landsneti



að draga úr eða bæta í framleiðslu ef þörf er á, og þá myndast jöfnunarorkuverð á markaði samkvæmt aðferðafræði í skilmála Landsnets.

Með lögum nr. 74/2021 var komið á samkeppnismarkaði með kaupum á kerfisþjónustu, flutningstöpum og jöfnunarorku. Flutningsfyrirtækinu og dreifiveitum ber að bjóða út þessa þætti og tryggja þá kerfisþjónustu sem þörf er á. Virkur markaður er til þess fallinn að stuðla að sem bestri nýtingu á tæknilegum sveigjanleika kerfisins og þannig stuðla að afhendingaröryggi til lengri tíma en einnig sem liður í kerfisþjónustu, þ.e. rauntímastýringu kerfisins, en ljóst er að þörf á sveigjanleika eykst samhliða uppbyggingu á breytilegri framleiðslu, svo sem vind- og sólarorku.

### 6.2.5. Dreifing

Dreifing raforku um dreifikerfið til kaupenda er sérleyfisstarfsemi samkvæmt raforkulögum. Leyfi þarf til að reisa og reka dreifikerfi á tilteknu dreifiveitusvæði, sem og til að hætta slíkum rekstri. Í leyfinu felst bæði einkaréttur og skylda til dreifingar á viðkomandi svæði. Heimilt er að binda leyfið skilyrðum er lúta að tæknilegri og fjárhagslegri getu til að byggja upp og reka dreifikerfið og öðrum skilyrðum sem eiga að tryggja öryggi, skilvirkni og hagkvæmni kerfisins og umhverfisvernd. Dreifiveita annast dreifingu raforku og kerfisstjórnun á dreifiveitusvæði sínu og henni er ætlað að viðhalda, endurbæta og byggja dreifikerfið upp á hagkvæman hátt að teknu tilliti til öryggis, skilvirkni, áreiðanleika afhendingar og gæða raforku.

Ef dreifiveitu er heimilt að stunda aðra starfsemi en raforkudreifingu þarf fyrirtækið að halda reikningum vegna dreifingar aðskildum frá reikningum vegna annarrar starfsemi í bókhaldi sínu. Dreifiveitu er óheimilt að niðurgreiða samkeppnisrekstur sem hún stundar með tekjum af starfsemi vegna dreifingar eða annarri sérleyfisstarfsemi eða starfsemi sem hefur sambærilega stöðu.

Í lok árs 2023 voru starfandi fimm dreifiveitur: HS Veitur, Norðurorka, Orkubú Vestfjarða, Orkuveita Reykjavíkur og RARIK þar sem RARIK keypti Rafveitu Reyðarfjarðar árið 2020.

### 6.2.6. Sala

Sölufyrirtæki eru þau fyrirtæki sem annast sölu á raforku, hvort sem er í heildsölu eða smásölu, sbr. 18. tölul. 2. gr. raforkulaga. Sölufyrirtæki þurfa leyfi samkvæmt 18. gr. raforkulaga til að stunda raforkuviðskipti. Sölufyrirtæki raforku er m.a. skylt að útvega þá raforku sem er nauðsynleg til að unnt sé að standa við orkusölusamninga. Sölufyrirtæki skal veita Raforkueftirliti Orkustofnunar upplýsingar um starfsemina sem nauðsynlegar eru við mat á því hvort það fullnægi skyldum sínum, tilkynna Raforkueftirlitinu og Landsneti um öll viðskipti

með raforku og tilkynna dreifiveitu um upphaf og lok viðskipta við einstaka notendur.

Sölufyrirtæki er heimilt að reka dreifiveitu, svo framarlega sem íbúar á viðkomandi dreifiveitusvæði eru færri en 10.000, en því er hins vegar óheimilt samkvæmt lögum að niðurgreiða sölu raforku með sérleyfisstarfseminni eða starfsemi sem hefur sambærilega stöðu og þarf því að halda reikningum vegna sölustarfsemi aðskildum frá annarri starfsemi í bókhaldi sínu. Ný sölufyrirtæki hafa verið að ryðja sér til rúms undanfarin misseri. Fyrstu fyrirtækin hófu starfsemi árið 2017 en nú starfa alls níu fyrirtæki í smásölu raforku.

### 6.2.7. Markaðstorg

Allt frá gildistöku gildandi raforkulaga hefur verið í lögnum sérstök heimild fyrir flutningsfyrirtækið Landsnet hf. til þess að reka raforkumarkað. Þá er í 18. gr. a laganna ákvæði sem fjallar um leyfisskyldu aðila til að reka raforkumarkað. Ekki er tilgreint með ítarlegum hætti hvað fellur undir 18. gr. a, en samkvæmt skilgreiningu laganna (15. tölul. 3. gr.) er það „skipulegur markaður með raforku“. Um nokkurt skeið hafa verið uppi áform um að koma á fót skipulegum vettvangi fyrir raforkuviðskipti og í desember 2023 voru í fyrsta sinn veitt leyfi til reksturs raforkumarkaðar á grundvelli 18. gr. a raforkulaga. Þann 15. apríl 2024 opnaði Vonarskarð sinn markað með vöruúrval allt að fimm ár fram í tímann. Elma, dótturfélag Landsnets, áformar að opna svokallaðan næstadagsmarkað á árinu 2025.

#### Raforkuviðskipti í Evrópu

Töluverð þróun hefur orðið í raforkuviðskiptum í Evrópu undanfarna áratugi. Helst ber að nefna að samningssamband um kaup og sölu á raforku hefur komist á með skipulögðum hætti á skipulegum viðskiptavettvöngum fyrir raforku. Þá hefur færst í aukana að markaðsaðilar stundi viðskipti með fjármálagerninga á verðbréfamarkaði til þess að tryggja sig fyrir verðþróun raforku. Hefur verðþróun á raforkumörkuðum þannig haft verðmyndandi áhrif á verðbréfamörkuðum. Raforkusölusamningar eru ýmist óstaðlaðir langtímasamningar eða staðlaðir samningar um afhendingu á raforku til tiltekins tíma. Þróunin hefur verið sú að slíkir samningar eru gerðir í gegnum viðskiptavettvanga. Hér getur verið um að ræða innandags- og næstadagsmarkaði. Dæmi um slíkan markað er Nord Pool sem starfar sem kauphöll en í því felst rekstur viðskiptavettvangs raforku fyrir sameiginlegan norrænan raforkumarkað. Nord Pool rekur vettvang fyrir innandags- og næstadagsviðskipti.

### 6.2.8. Eftirlit

Raforkutilskipun Evrópusambandsins gerir kröfu um að aðildarríkin komi á fót eftirlitsaðila sem er ekki einungis sjálfstæður gagnvart raforkufyrirtækjum heldur einnig gagnvart stjórnvöldum. Með lögum nr. 112/2019 og 22/2024 var staða og sjálfstæði Raforkueftirlits Orkustofnunar styrkt.

Um eftirlit og úrræði Raforkueftirlitsins er fjallað í VII. kafla raforkulaga nr. 65/2003. Þar segir í 2. mgr. 24. gr. raforkulaga að hafa skuli eftirlit með því að fyrirtæki sem starfa samkvæmt raforkulögum fullnægi þeim skilyrðum sem um starfsemina gilda samkvæmt lögnum, reglugerðum settum samkvæmt þeim og öðrum heimildum. Á grundvelli 3. mgr. 24. gr. er Raforkueftirlitinu heimilt að gefa út almennar leiðbeiningar og reglur um starfsemi aðila sem heyra undir raforkulögin, enda varði málefnið hóp eftirlitsskylda aðila. Samkvæmt 27. gr. raforkulaga gilda samkeppnislög um þá atvinnustarfsemi sem raforkulögin ná til og er í greininni kveðið á um eftirlit Samkeppniseftirlitsins. Við framkvæmd eftirlitsins ber Raforkueftirlitinu að hafa samráð við Samkeppniseftirlitið. Þá hefur stofnunin samráð við eftirlitsskylda aðila í gegnum sérstaka samráðsnefnd sem var stofnuð árið 2003. Um samráðsnefndina gildir sérstök reglugerð, nr. 466/2003.

## 6.3. Um raforkumarkaðinn

Raforka er að mörgu leyti sérstök söluvara. Hún er að jafnaði afhent í órofinni starfsemi og verður raforka því ekki afmörkuð á sama hátt og aðrir áþreifanlegir hlutir. Raforkuviðskipti geta átt sér stað á milli framleiðanda raforku og stóriðju eða framleiðanda raforku og söluvirkja (heildsala). Þá fara raforkuviðskipti fram þegar söluvirkja áframselur raforku til almennrar notkunar heimila og fyrirtækja (smásala).

Raforkusölusamningar vísa til þess að afhending raforku á sér stað gegn peningagreiðslu. Raforkusölusamningar eru annars vegar staðlaðir (magn, tími og verð) og hins vegar óstaðlaðir. Þegar raforkusölusamningar eru óstaðlaðir eru þeir oftast gerðir langt fram í tímann (5–25 ár) og aðlagðir að þörfum kaupenda. Þessir samningar eru kallaðir *Power Purchase Agreements (PPA)* á ensku en falla undir hugtakið raforkusölusamningar í íslenskum lögum sem er samheiti yfir samninga um kaup og sölu raforku. Þar sem um er að ræða óstaðlaða samninga sem lagaðir eru að þörfum kaupenda fara viðskipti með þá almennt fram utan skipulegra viðskiptavettvanga. Staðlaðir samningar eru annars eðlis þar sem hægt er að eiga í viðskiptum með þá með skipulögðum hætti. Þessir samningar geta t.d. verið ákveðið magn af raforku í eina klukkustund, 24 klukkustundir, einn dag, eina viku, eitt ár o.s.frv., boðið til sölu á ákveðnum tíma. Þróunin hefur verið sú að viðskipti með staðlaða samninga komast á í gegnum skipulagða viðskiptavettvanga, svo sem innandags- eða næstadagsmarkaði.

### 6.3.1. Breyttar þarfir og áskoranir

Í skýrslum sem unnar hafa verið um raforkuöryggi hér á landi hefur verið bent á að aukið gegnsæi í verðmyndun á heildsölumarkaði sé ein mikilvægasta forsenda þess að unnt sé að bæta virkni markaðarins. Með bættri virkni heildsölumarkaðarins væri stuðlað að jafnvægi í framboði og eftirspurn raforku og þar með auknu öryggi fyrir alla notendur á almenna markaðnum.

Fyrir 2003 var algengt að virkjanir væru reistar í beinum tengslum við tilkomu nýs stórnotanda sem nýtti þá meginhluta raforkunnar sem framleidd var með hinni nýju virkjun. Sá tími er liðinn og þörf fyrir aukinn sveigjanleika og viðbragðsflýti fer vaxandi.

Í niðurstöðum starfshóps um kortlagningu heildsölumarkaðar raforku frá árinu 2020<sup>27</sup> er dregin sú ályktun að val í þágu raforkuöryggis standi á milli virkari markaðar og aukinnar miðstýringar. Að mati starfshópsins er ljóst að virkur heildsölumarkaður sé besta leiðin til að tryggja hagkvæmar leiðir til að ná settum markmiðum um tryggt framboð raforku á hagkvæman hátt.

Íslenskur raforkumarkaður ber þess merki að hafa verið hannaður á tíma lóðréttar samþættingar þar sem fáir stórir aðilar á markaðnum voru ráðandi um uppbyggingu og þróun kerfisins og aðrir löguðu sig að því. Í dag eru breyttir aðilar á raforkumarkaði og breyttar þarfir. Eftir uppskiptingu sérleyfis- og samkeppnishluta er orkufyrirtækjum skipt upp í sölufyrirtæki og dreifiveitur en einnig hafa komið sölufyrirtæki á markað sem ekki hafa eigin framleiðslu. Þessi fyrirtæki eru með töluvert ólíka notkunarferla og t.a.m. stórnotandi eins og framleiðandi á áli sem veit nákvæmlega hvað hann þarf að nota mikið af raforku næstu 10–15 árin. Orkuskiptin hafa einnig ýtt undir nýjan markað sem varðar sölu á hleðsluþjónustu og rafföngum til öflunar raforku á rafknúin ferðatæki.

Það er erfiðara fyrir sölufyrirtæki að spá fyrir um notkun langt fram í tímann af því að það ræðst af fjölda viðskiptavina hverju sinni o.fl. Það er því erfitt að tryggja slíkan rekstur með því að binda sig eingöngu við langtímasamninga langt fram í tímann. Þar að auki skapar það ófyrirsjáanleika að tryggja eingöngu raforku til skamms tíma, t.d. eitt ár fram í tímann. Með því að bjóða fram meira vöruframboð, þ.e. ársblokkir, mánaðarblokkir, skammtímaorku og stundarafmagn, er búið að auka vöruframboð á raforku á markaðnum. Þannig geta notendur hagað betur innkaupum sínum á raforku. Því til viðbótar geta þeir hagað innkaupum sínum samkvæmt markaðsverði hverju sinni en ekki samkvæmt einhliða ákvörðun. Þá vita allir markaðsverðið og áhrifaþætti þess. Þetta eykur líka samkeppni á smásöluorkumarkaði raforku.

---

<sup>27</sup> Skýrsla starfshóps um orkuöryggi á heildsölumarkaði fyrir raforku.

### 6.3.2. Gegnsæi verðmyndunar, viðskiptavettvangar og raforkuöryggi

Mikilvægt er að átta sig á kostum og göllum á staðlaðri vöru og samningsbundinni vöru. Með óstöðluðum langtímaraforkusölusamningum (PPA) er hægt að semja um vöruna (tími, magn, endurkaupaákvæði, forgangsorka/skerðanleg, lengd samnings, verð, uppgjör o.fl.). Upplýsingar samkvæmt þessum samningum eru trúnaðarupplýsingar milli samningsaðila og endurspeglar ekki endilega markaðsverð raforku af því það eru margar breytur, þ.e. mörg atriði í samningnum, sem spila inn í. Upplýsingarnar eru því ekki opinberar öðrum markaðsaðilum.

Vörur á markaði eru staðlaðar vörur sem ekki er hægt að semja um. Allir samningar um undirliggjandi raforku á viðskiptavettvangi eru því eins (jafn langir, jafn mikið magn). Þegar skurðpunktur kaup- og sölutilboða myndar markaðsverð geta markaðsaðilar áttað sig á markaðsverði á eins vörum, t.a.m. mánaðarblokkum í maí, stundarráfmagni ákveðinn dag. Markaðsaðilar geta greint áhrifaþætti á framboð og eftirspurn sem myndar markaðsverð, t.a.m. skortur á framboði eða bilun í virkjun, stormur í vindmyllugarði o.s.frv. Allar þessar upplýsingar mynda gegnsæi í verðmyndun í raforkuviðskiptum.

Markaðsverðið gegnir lykilhlutverki sem boðberi skilaboða frá eftirspurn til framboðs. Ef þessi boð komast ekki til skila getur það leitt til skorts á vörunni sem um ræðir þegar eftirspurn eykst eða offramboðs þegar eftirspurn minnkar. Bent hefur verið á að verðmyndun á heildsölumarkaði raforku sé ógagnsæ, m.a. sökum þess að viðskipti í heildsölu fari ekki fram á skipulegum viðskiptavettvangi. Væri markaðurinn virkari ætti eftirspurn umfram framboð að þrýsta raforkuverði upp og auka þannig á arðsemi nýfjárfestinga í orkuvinnslu. En þrátt fyrir þróunina á almennum raforkumarkaði undanfarin ár, þar sem eftirspurn eftir raforku hefur aukist samhliða lakari orkujöfnuði, hefur markaðurinn hér ekki brugðist við að ráði. Þannig virðast hvorki kaupendur né seljendur á almennum markaði fá skilaboð gegnum raforkuverð um að það þurfi annaðhvort að draga úr eftirspurn eða sjá þeim hluta markaðarins fyrir meiri orku (auka framboð). Afleiðingarnar eru hliðstæðar og á öðrum mörkuðum, þ.e. auknar líkur á ónógu framboði á raforku.<sup>24</sup> Á samkeppnismarkaði þar sem verð ákvarðast með jafnvægi framboðs og eftirspurnar leiðir vaxandi eftirspurn, sem ekki er mætt samstundis af aukningu framboðs, til verðhækkunar, a.m.k. tímabundið. Hærra verð kallar svo aftur á aukið framboð sem þrýstir verðinu aftur niður á við í átt að langtímajafnvægi. Verðsveiflur geta verið nokkuð langvinnar á mörkuðum þar sem tíma tekur að auka framboð, t.d. á mörkuðum fyrir hinar ýmsu tegundir orku.<sup>28</sup>

Virkur raforkumarkaður spilar æ veigameira hlutverk í starfsemi raforkukerfa og þar með hagkerfum heimsins. Virkur markaður er forsenda margs konar

---

<sup>28</sup> [Skýrsla starfshóp um orkuöryggi á heildsölumarkaði fyrir raforku. bls. 22 -23](#)

verðmætasköpunar. Til að mynda gerir virkur markaður sjálfstæðum vinnsluáðilum auðveldara með að hasla sér völl með aukinni samkeppni og framboðsöryggi. Þá leiða skýrari verðmerki til hagkvæmari uppbyggingaráforma.

Vaxandi hlutur óstýranlegrar raforkuvinnslu, sérstaklega sólar- og vindorku, hefur í för með sér auknar áskoranir við að halda á öllum stundum jafnvægi milli vinnslu og notkunar en slíkt er nauðsynleg rekstrarforsenda allra raforkukerfa. Fari það jafnvægi úr skorðum geta orðið truflanir á afhendingu rafmagns með miklum þjóðhagslegum kostnaði. Þessi grunnforsenda eykur bæði þörf fyrir og virði sveigjanleika í raforkukerfinu, bæði á vinnslu- og notendahlíð.

Í endurnýjanlegu raforkukerfi er heildarframboð raforku hvers árs breytilegt þar sem vatnsár eru misgóð, vindur mismikill og sólardagar mismargir. Þetta skapar bæði óvissu til skamms tíma sem leysa má á skammtíma- eða jöfnunarorkumarkaði. Breytileiki vatnsára hefur svo þá aukavídd að geta teft framboðsöryggi í tvísýnu þegar illa árar. Þessi hefur komið upp undanfarin ár og segja má að skort hafi á virkni raforkumarkaðar til að draga úr eftirspurn. Í stað þess kemur til skerðinga í samræmi við heimildir í langtímasamningum við stórnotendur. Í skýrslu Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands frá árinu 2018 (Skýrsla nr. C18:03, Öryggi á almennum markaði með rafmagn, júní 2018) er fjallað um það óhagræði sem sú nálgun hefur umfram markaðslausrir.

Að mati starfshópsins er ljóst að skort hefur á virkni raforkumarkaðar sem ýtt hefur undir líkur á ónógu framboði raforku þar sem hvata til uppbyggingar í formi verðmerkja skortir. Þá telur hópurinn nauðsynlegt að markaðsumhverfið sé tilbúið í þær umbreytingar sem standa yfir þar sem samspil virks markaðar og uppbyggingar sé grundvallarforsenda orkuskiptum.

Starfshópurinn telur viðskiptavettvanga vera jákvæða þróun en telur jafnframt mikilvægt að fylgst sé vel með áhrifum þeirra á raforkumarkað og virkni hans, svo sem verð, uppbyggingu nýs framboðs og samkeppni. Meta þarf hvort aðgerða er þörf til að stuðla með frekari hætti að virkni raforkumarkaðar í þágu orkuöryggis og orkuskipta. Slíkt gæti falið í sér að beina allri orku sem ekki er bundin í langtímasamninga inn á viðskiptavettvang. Einnig mætti taka til skoðunar hvort hvetja eigi til langtímasamninga um afhendingu vindorku í þeim tilgangi að tryggja framleiðendum breytilegrar orku stöðugt verð og fyrirsjáanleika í rekstri.

Starfshópurinn telur rétt að stuðlað verði að því að notendur geti breytt notkun gegn greiðslu, svokallaðri notendasvörun, t.d. með þeim hætti að Landsnet geri samninga um breytingu á raforkunotkun notenda miðað við aðstæður í raforkukerfinu hverju sinni. Dæmi um slíkt gætu verið valréttarsamningar við stóra notendur um endurkaup raforku við sérstaklega krefjandi aðstæður. Ýmis önnur dæmi gætu verið um mögulega samninga notenda um breytingu á raforkunotkun við ákveðnar aðstæður til lengri eða skemmri tíma. Með þeim má nýta þann tæknilega sveigjanleika sem fyrir hendi er í kerfinu, ýmist til að stuðla að afhendingaröryggi til lengri tíma en einnig sem lið í kerfisþjónustu, þ.e.

rauntímastýringu kerfisins en ljóst er að þörf á sveigjanleika eykst samhliða uppbyggingu á breytilegri framleiðslu, svo sem vind- og sólarorku.

Starfshópurinn telur einnig mikilvægt að teknar verði upp í löggjöf hátternisreglur í raforkuviðskiptum í anda REMIT-reglugerðar Evrópuþingsins og ráðsins (ESB) nr. 1227/2011 um heildstæðan og gagnsæjan heildsölumarkað fyrir orku. Reglugerðinni er ætlað að styðja við opna og sanngjarna samkeppni á evrópskum heildsölumörkuðum fyrir orku og aðrar orkuafurðir og gæta þannig hagsmuna neytenda og fyrirtækja. Umhverfis-, orku- og loftslagsráðherra hefur kynnt tillögu að breytingu á raforkulögum sem ætlað er að innleiða meginreglur REMIT-reglugerðarinnar í íslenskan rétt. Núgildandi regluverk gerir ekki ráð fyrir öðrum markaðsaðilum á heildsöluorkumarkaði en aðilum sem stunda viðskipti utan skipulegs viðskiptavettvangs (kaupanda og seljanda) en breyttu fyrirkomulagi fylgja breyttir markaðsaðilar og er nauðsynlegt að breyta kröfum laganna í samræmi við slíkt. Þannig séu fyrir hendi fullnægjandi heimildir til að taka á brotum á hátternisreglum í raforkuviðskiptum, svo sem banni við markaðsmisnotkun og ólögmati miðlun innherjaupplýsinga.

### 6.3.3. Samkeppnismál

Samkeppnislög nr. 44/2005 taka til raforkumarkaðarins. Lögin hafa það að markmiði að efla virka samkeppni í viðskiptum og þar með vinna að hagkvæmri nýtingu framleiðsluþátta innan þjóðfélagsins. Í lögnum er m.a. fjallað um bann við samkeppnishömlum (IV. kafli), þar á meðal um bann við misnotkun á markaðsráðandi stöðu (11. gr.).

Ríkið fer með eigendavald í Landsvirkjun og Landsneti.<sup>29</sup> Þessi félög eru þýðingarmikil í íslensku atvinnulífi og gegna mikilvægu kerfislegu hlutverki í samfélaginu, auk þess sem Landsvirkjun starfar á samkeppnismarkaði. Hlutverk ráðuneyta gagnvart opinberum félögum getur verið þrískipt, þ.e. eigandahlutverk, reglusetning á þeim markaði sem félagið starfar á (hugsanlega í samkeppni við aðra) og kaupendahlutverk. Í samræmi við tilmæli OECD var hér á landi mörkuð sú stefna með lögum nr. 98/2009 að aðskilja þessi hlutverk og var fjármálaráðuneytinu falið að fara með hlutverk eiganda í þessum félögum en önnur ráðuneyti fara með lagarammann um félögin og/eða þá markaði sem þau starfa á og kaupa af þeim þjónustu ef svo ber undir. Ríkið getur nýtt ýmis

---

<sup>29</sup> Þá fara ýmist ríkið eða sveitarfélög með eigendavald dreifiveitna.

stjórnþæki til að hafa áhrif á rekstur opinberra fyrirtækja, svo sem eigendastefnu, samþykktir félaga og val á stjórnarmönnum.<sup>30</sup>

Fyrsta eigendastefna ríkisins var gefin út árið 2009 og náði þá eingöngu til þeirra fjármálafyrirtækja sem Bankasýsla ríkisins hefur umsjón með.<sup>31</sup> Árið 2012 var fyrst gefin út almenn eigendastefna ríkisins sem gildir um hlutafélög og sameignarfélög í eigu ríkisins önnur en fyrrgreind fjármálafyrirtæki. Í kjarna hennar felst að félög séu rekin á faglegan og gagnsæjan hátt þannig að almennt traust ríki um stjórn og starfsemi þeirra.<sup>32</sup> Eigendastefna ríkisins gildir fyrir öll félög að meiri hluta í eigu ríkisins, auk sameignarfyrirtækisins Landsvirkjunar, óháð því hvaða stjórnvald fer með eignarhlutinn.<sup>33</sup>

Í eigendastefnu ríkisins fyrir ríkisfélög kemur fram að meðferð eignarhluta ríkisins í félögum skuli, eins og kostur er, miða að því að efla og styrkja samkeppni á viðeigandi markaði. Þá kemur fram að félag skuli stefna að því að auka samkeppni og draga úr fákeppni með starfsemi sinni. Ákvarðanir sem teknar eru við rekstur félags skulu miða eins og kostur er að því að auka samkeppni og draga úr fákeppni í samfélaginu.

Starfshópurinn bendir á að merkja má aðgangshindranir á markaði vegna skorts á gegnsæi, verðmerkja á bæði framboðs- og eftirspurnarhlið og nánast algerrar einokunarstöðu á jöfnunarorkumarkaði. Illmögulegt er fyrir sjálfstæðan framleiðanda óstýranlegrar raforkuvinnslu að stíga inn á slíkan markað þar sem sú starfsemi sem getur starfað eftir forsendum breytilegrar vind- eða sólarorku er vandfundinn og framleiðandinn sjálfur þyrfti að treysta á jöfnunarorkumarkað þar sem samkeppnisaðilar hafa mikla yfirburðastöðu. Landsvirkjun er stærsti raforkuframleiðandi landsins og jafnframt markaðsráðandi aðili að því er varðar heildsölu á raforku. Sami aðilinn er einnig virkur aðili í vinnslu raforku með vindorku. Rík þörf er á því að tryggja virkan markað fyrir jöfnunarorku.

Starfshópurinn áréttar að ef auka á orkuframboð með tilkomu nýrra aðila á framleiðsluhlið markaðarins er forsenda þess að hér byggist markaðsumhverfi þar sem fánlegar eru vörur til lengri og skemmri tíma. Þá er lykilatíði að jöfnunarorka standi til boða.

---

<sup>30</sup> *Samhent stjórnarsýsla*, bls. 55.

<sup>31</sup> Ný eigendastefna fyrir fjármálafyrirtæki var gefin út á fyrri hluta árs 2017.

<sup>32</sup> Almenn eigendastefna fyrir ríkisfélög. Fjármála- og efnahagsráðuneytið, 2021, bls. 4.

<sup>33</sup> Almenn eigendastefna fyrir ríkisfélög. Fjármála- og efnahagsráðuneytið, 2021, bls. 5.



#### 6.3.4. Staða smásöllumarkaðar

Almenningur getur valið að kaupa raforku frá níu söluaðilum. Orkusalan, Orka náttúrunnar og Fallorka eru lóðrétt samþættar dreifiveitum. Orkubú Vestfjarða stundar dreifingu, vinnslu og sölu. Fyrirtæki í einkaeigu eru HS Orka, N1, Straumlind, Orka heimilanna og Atlantsorka. Þrjú stærstu fyrirtækin á þessum markaði eru Orkusalan, Orka náttúrunnar og HS Orka.

#### Samhæfð hegðun

Samhæfð hegðun felur yfirleitt í sér síendurtekna strategískar ákvarðanir fyrirtækja sem hafa áhrif á keppinauta og miða að því að viðhalda eða auka hagnað fyrirtækja á markaði. Birtingamyndir hennar geta verið ýmis konar. Ein mynd samhæfðrar hegðunar er samráð (e. collusion) á milli keppinauta sem getur m.a. birst í sameiginlegum verðákvörðunum, skiptingu markaða eða viðskiptavina. Slík samhæfing telst til samráðs sem fer gegn 10. gr. samkeppnislaga nr. 44/2005. Önnur mynd samhæfðrar hegðunar felur í sér að fyrirtæki ná að samhæfa hegðun þegjandi, (e. tacit collusion/coordination), þ.e. án þess að nokkur samskipti eða upplýsingaskipti eigi sér stað á milli þeirra. Stöðugt markaðsumhverfi, svo sem vegna efnahagsstöðugleika, samanþjappaðra markaða, eða mikils gegnsæis á markaði auðvelda félögum að samhæfa t.a.m. verð. Samhæfð hegðun á sér frekar stað þegar vöruframboð er einsleitt, efnahagsleg og formbundin tengsl eru á milli fyrirtækja, eftirspurn er stöðug og kostnaðaruppygging fyririrtækjanna er svipuð og aðgangshindrana gætir. (Samkeppniseftirlitið)

Samkeppni á raforkumarkaði (þar sem það á við) og neytendavernd eru á meðal markmiða raforkulaga. Að framan eru rakin ýmis ákvæði sem varða samkeppnismál. Í greinargerð með frumvarpi því sem varð að raforkulögum nr. 65/2003 segir að leitast sé við að tryggja hagsmuni neytenda sem best með skilvirku eftirliti og skýrum kvörtunarleiðum og málsmeðferðarreglum.

Í reglugerð um raforkuviðskipti og mælingar nr. 1150/2019 er fjallað um hlutverk, réttindi og skyldur þeirra sem stunda viðskipti með raforku. Þá eru með reglugerðinni gerðar lágmarkskröfur um raforkumæla og mælabúnað. Reglugerðin gerir ákveðnar kröfur um upplýsingar til notenda. Notendum skulu látnar í té allar nauðsynlegar upplýsingar um réttindi þeirra, núgildandi löggjöf og leiðir til að skera úr deilumálum sem þeim standa til boða ef ágreiningur verður. Þá skal Orkustofnun setja leiðbeinandi reglur um lágmarksupplýsingar sem koma fram í raforkusölusamningi.

Íslenskur raforkumarkaður hefur færst í átt til aukinnar markaðsvæðingar með aukinni samkeppni þar sem það á við. Þó gætir enn arfleifðar fyrri tíma og telja

verður m.a. þörf á að skerpa á aðgreiningu á milli sérleyfis- og samkeppnisrekstrar í starfsemi orkufyrirtækja. Samkeppniseftirlitið hefur bent á ýmsar vísbendingar um samkeppnishindranir á þessu sviði. Hafa skal í huga að raforka er einsleit vara og í raun enginn munur á vörunni milli söluaðila og samanburður þeirra snýst því um verð og þjónustu.

Á fundi starfshópsins með Samkeppniseftirlitinu kom fram að ýmsar vísbendingar séu um að ekki sé fullnægjandi aðskilnaður innan löðrétt samþættu fyrirtækjanna, en samkvæmt 14. gr. raforkulaga nr. 65/2003 er dreifiveitum á stærri dreifiveitusvæðum óheimilt að stunda aðra starfsemi en þá sem er nauðsynleg til að rækja skyldur sínar og skal stjórn vera sjálfstæð gagnvart fyrirtækjum sem stunda vinnslu, flutning eða sölu raforku. Jafnframt er dreifiveitum óheimilt að niðurgreiða samkeppnisrekstur, sbr. 16 gr. laganna. Enn séu stjórnunarleg tengsl fyrir hendi og algengt sé að starfsmenn móðurfyrirtækis gangi erinda dótturfélags í ýmsum hagsmunamálum. Enn gæti töluverðrar tregðu meðal viðskiptavina þessara félaga til að skipta um raforkusala og vísbendingar haf komið fram um samkeppnishindranir sem vinna gegn því að neytendur fái notið samkeppni í ríkara mæli. Einnig hefur Samkeppniseftirlitið greint vísbendingar um undirverðlagningu. Þá beri markaðurinn mögulega einkenni svokallaðrar þegjandi samhæfingar stærri fyrirtækja á markaðnum.

Eins og fram er komið hér að framan hefur skort á að markaðurinn gefi skýr verðmerki um stöðu framboðs og eftirspurnar á raforkumarkaði. Landsvirkjun er eina fyrirtækið sem selur raforku í heildsölu svo nokkru nemi og er því ráðandi í verðmyndun. Raforka er einsleit vara og í raun enginn munur á vörunni milli söluaðila og samanburður þeirra snýst því um verð og þjónustu.<sup>34</sup>

Að mati starfshópsins er ljóst að samkeppnismál á smásölumarkaði með raforku þarfnast skoðunar. Lykilatriði er að aðilar á samkeppnismarkaði keppi á eigin verðleikum, þ.e. á grundvelli rekstrarlegar frammistöðu fyrirtækisins (e. *competition on the merits*). Starfshópurinn bendir þó á að heildarsýn á aðstæðum og hegðun á markaðnum er nokkuð ófullkomin. Ekki er t.d. hægt að fullyrða um skort á reglum eða heimildum eftirlitsaðila. Samkeppnislög gilda um atvinnustarfsemi sem fellur undir raforkulög. Þá heimila raforkulög Samkeppniseftirlitinu að mæla fyrir um fjárhagslegan aðskilnað, þ.m.t. fyrirtækjaaðskilnað milli samkeppnisstarfsemi og starfsemi er nýtur sérleyfis eða

---

<sup>34</sup> EFLA: *Raforkuverð og þróun samkeppni á raforkumarkaði*. bls. 20

hefur sambærilega stöðu í þeim tilgangi að koma í veg fyrir niðurgreiðslu samkeppnisstarfsemi af sérleyfisstarfsemi.

Starfshópurinn telur því rétt að ráðist verði í sérstakt átak í þeim tilgangi að skerpa á samkeppnismálum á smásölumarkaði með raforku. Með þeim hætti megi varpa ljósi á hvaða raunverulegu áskoranir eru helst fyrir hendi og viðbrögð við þeim. Við nánari útfærslu er mikilvægt að taka mið af sjálfstæðri stöðu Samkeppniseftirlitsins og Raforkueftirlits Orkustofnunar.

Starfshópurinn bendir einnig á að styrkja mætti samkeppni og neytendavernd á smásölumarkaði, t.d. mætti gera kröfu um sýnileika verðbreytinga.

## 6.4. Forgangsröðun til orkuskipta

Eins og fram er komið felur meginverkefni orkuskipta á alþjóðavísu í sér að skipta út raforkuvinnslu úr óendurnýjanlegum orkugjöfum fyrir endurnýjanlega. Þar sem framleiðsla raforku hér á landi er þegar endurnýjanleg snýr álitaefnið fyrst og fremst að notkun og að útvega raforku svo að unnt sé að skipt út jarðefnaeldsneyti.

Ljóst er að orkuskiptin fela í sér umtalsverða orkuþörf. Í því samhengi hefur stundum verið vísað til þess að tryggja þurfi að augin orkuöflun rati í orkuskipti. Starfshópurinn bendir í því samhengi á að raforka er markaðsvara og vandséð er að það sé hægt að stýra því hvaða aðilar koma til með að kaupa raforku með beinum hætti. Hins vegar gæti hið opinbera stuðlað með óbeinum hætti að framgangi tiltekinna verkefna á eftirspurnarhlið orkuskipta sem stuðla þá að því að raforkan rati til orkuskipta. Grunnforsenda þess er fullnægjandi orkuframboð. Til að stuðla að því að orkan rati í orkuskipti geta stjórnvöld beitt efnahagslegum hvötum og öðrum ráðum til að styðja við flýtingu orkuskiptanna.

Starfshópurinn telur einnig að eigendastefna orkufyrirtækja í ríkiseigu geti stuðlað að orkuskiptum og fjölbreyttum orkukostum, svo sem hvað varðar jöfnunarþjónustu fyrir vindorkuver. Einnig að rekstur virkjana og nýframkvæmda miði við að heimili, iðnaður undir mörkum orkufreks iðnaðar, matvælaframleiðsla og aðilar að orkuskiptaverkefnum búi við orkuöryggi.

Í því samhengi er bent á að raforkan þarf að rata þangað sem hennar er þörf. Samkvæmt raforkulögum skal ráðherra á fjögurra ára fresti leggja fram á Alþingi tillögu til þingsályktunar um stefnu stjórnvalda um uppbyggingu flutningskerfis raforku. Við uppbyggingu flutningskerfisins ber Landsneti að taka mið af stefnunni. Mikilvægt er að uppbygging flutningskerfisins taki mið af þörfum orkuskiptanna.

## 6.5. Samandregnar tillögur

Niðurstöður og tillögur 6. kafla má draga saman með eftirfarandi hætti.

1. Áhrif viðskiptavettvanga á virkni raforkumarkaðar verði metin sem og hvort frekari aðgerða sé þörf til að auka virkni markaðar í þágu orkuöryggis og orkuskipta.
2. Stutt verði við notkunarsvörun.
3. Innleiðingu háttænisreglna í raforkuviðskiptum verði flýtt samhliða virku eftirliti.
4. Eigendastefna Landsvirkjunar verði uppfærð með það að markmiði að stuðla að virkri samkeppni og virkum markaði fyrir jöfnunarorku í þágu orkuskipta.
5. Ráðist verði í rannsókn á stöðu samkeppni á smásölumarkaði.
6. Orku verði forgangsraðað til orkuskipta með því að beita efnahagslegum hvötum til að styðja framgang verkefna á eftirspurnarhlið, þróa kerfisáætlun Landsnets þannig að hún styðji við orkuskipti og að eigendastefna orkufyrirtækja í ríkiseigu stuðli að orkuskiptum og fjölbreyttum orkukostum.



## 7. Orkuskipti – inntak þeirra

### 7.1. Yfirlit

Meiri hluti losunar gróðurhúsalofttegunda á heimsvísu tengist orkunotkun og orkuvinnslu. Þjóðir heims hafa sett sér markmið um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda, og að ná kolefnishlutleysi um 2050, en til að svo geti orðið þarf að nota endurnýjanlega orku, eða kjarnorku í stað jarðefnaeldsneytis, alls staðar sem mögulegt er. Hugtakið orkuskipti er notað til að lýsa þeim umbreytingum sem verða að eiga sér stað til að árangurinn náist. Í þessum kafla er farið yfir losun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi, með áherslu á þann hluta losunar sem er á ábyrgð íslenska ríkisins, oft kölluð samfélagslosun. Samfélagslosunin er sett í samhengi við skuldbindingar Íslands samkvæmt Parísarsamningnum annars vegar og markmið ríkisstjórnarinnar í loftslagsmálum hins vegar. Stór hluti samfélagslosunar er vegna notkunar jarðefnaeldsneytis og eru reifaðar nokkrar leiðir til að nýta endurnýjanlega orku í stað þess, sem hver um sig hefur sína kosti og takmarkanir. Sá hluti samfélagslosunar sem verður vegna jarðefnaeldsneytisnotkunar er brotinn niður og lagt mat á hversu mikla orkuöflun þarf til að koma í stað notkunar jarðefnaeldsneytisins. Niðurstöður og tillögur koma fram í lok kaflans.

Í greiningunni er ekki gert ráð fyrir að orka frá þeim virkjunum sem þegar eru fyrir hendi verði færð frá núverandi notendum og ráðstafað til orkuskipta, og í grunngreiningu er ekki horft til þeirrar aukningar í orkupörf sem fyrirsjáanleg er vegna hagvaxtar, fólksfjölgunar og aukinnar starfsemi gagnavera. Á móti kemur að ekki er gert ráð fyrir að mögulegur orkusparnaður sem fjallað er um í kafla 5 skili sér til orkuskipta. Til viðbótar er sviðsmynd þar sem bætt hefur verið við líklegri aukningu á orkupörf vegna almennrar framþróunar samfélagsins.

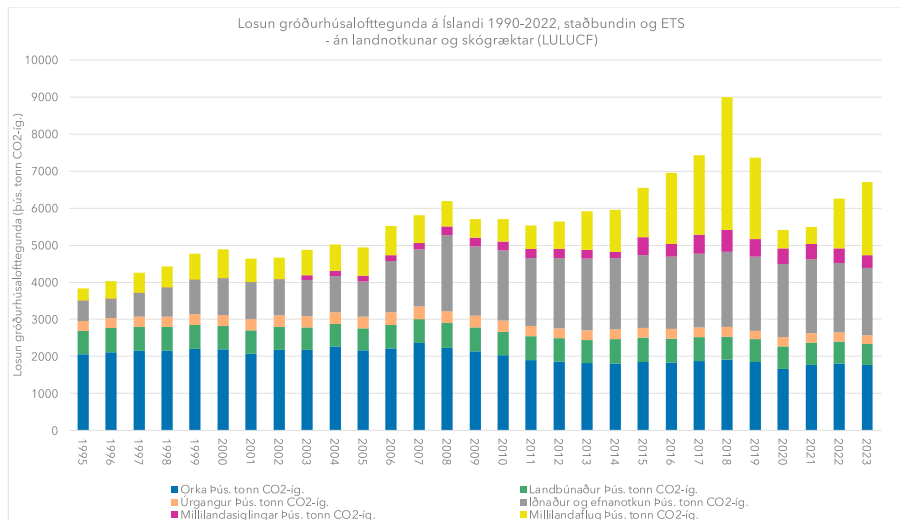
Þá er farið yfir hvaða orkukostir sem hefðbundnir eru á Íslandi, vatnsafl og jarðhiti, eru aðgengilegir innan ákveðins tímaramma, samkvæmt raunsæri yfirferð á nýtingarflokki rammaáætlunar. Lagt er mat á hversu mikla orku þarf að framleiða með öðrum orkukostum, á borð við vindorku, miðað við ákveðnar sviðsmyndir. Sú sviðsmynd er jafnframt reifuð að útvega orku til framleiðslu rafeldsneytis fyrir alþjóðaflug og millilandasiglingar. Nú er losun sem verður vegna þeirrar starfsemi ekki á ábyrgð íslenska ríkisins, heldur er hún hluti af sameiginlegum markmiðum Evrópusambandsins og hluti af ETS-kerfinu líkt og losun frá stóriðju. Ferðaþjónusta og vöruflutningar á sjó eru mikilvægar greinar fyrir eylandið Ísland og rétt að skoða möguleika Íslands til að styðja við losunarmarkmið þeirra.

Í kaflanum er einnig lagt gróft mat á getu kerfisins til að jafna orkuöflun frá breytilegum orkugjöfum, með viðráðanlegum tilkostnaði, miðað við það sem Ísland þarf til að ná orkuskiptum.

## 7.2. Loftslagsmarkmið og verkefni fram undan

Þar sem megintilgangur orkuskipta er að ná loftslagsmarkmiðum Íslands er rétt að fara yfir þá starfsemi sem losar gróðurhúsalofttegundir í dag.

Heildarlosun Íslands, að frátalinni losun vegna landnotkunar (LULUCF), var um 6,4 milljónir tonna koltvísýrlingsígilda árið 2022:



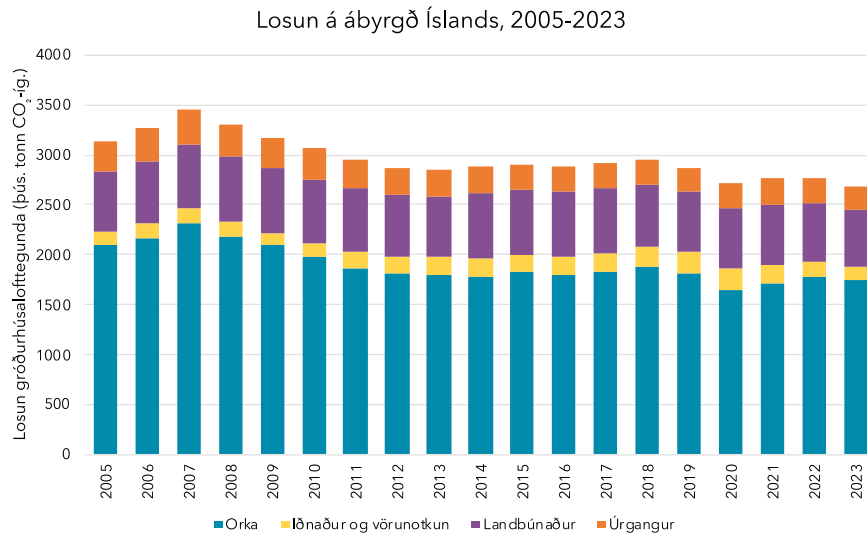
**Mynd 11. Heildarlosun frá Íslandi, að frátalinni losun vegna landnotkunar (LULUCF) en með losun frá millilandaflugi og ETS-losun frá iðnaði.<sup>35</sup>**

Mynd 11 sýnir upprunaflokka losunarinnar. Ísland er í samstarfi við lönd Evrópusambandsins með sín loftslagsmarkmið og eru skuldbindingarnar mismunandi eftir uppruna losunar. Millilandaflug og millilandasiglingar innan EES-svæðisins, ásamt iðnaðar- og efnanotkun, falla undir evrópska viðskiptakerfið með losunarheimildir (ETS) og eru því ekki á beinni ábyrgð íslenskra stjórnvalda.

Ísland ber hins vegar ábyrgð á losun undir flokkunum þremur sem út af standa, orku, landbúnaði og úrgangi, og hefur undirgengist skuldbindingar sem miða við árið 2005. Mynd 12 sýnir hvernig sú losun hefur þróast frá því ári. Tölulegar upplýsingar eru dregnar saman í töflu 17.

<sup>35</sup> Heimildir: Umhverfisstofnun og Hagstofan.





**Mynd 12. Losun sem íslensk stjórnvöld bera beina ábyrgð á, þróun frá árinu 2005.<sup>36</sup>**

**Tafla 17. Samanburður losunar á á beinni ábyrgð Íslands, árið 2022 og með breytingu frá árinu 2005.**

Losun árið 2023 í samanburði við losun fyrri ára						
	Losun 2023		Breyting frá 2022		Breyting frá 2005	
	þús. tonn CO <sub>2</sub> -íg.	%	þús. tonn CO <sub>2</sub> -íg.	%	þús. tonn CO <sub>2</sub> -íg.	%
Vegasamgöngur	920.7943205	0.342732916	-4.736779789	-0.005117905	145.8368495	0.188186907
Fiskiskip	484.549573	0.180356334	3.034098487	0.006301144	-257.726224	-0.347210868
Landbúnaður	565.2385804	0.210389945	-25.86313058	-0.043754112	-31.62123508	-0.052979333
Urðun úrgangs	201.1594941	0.074874463	-13.46913012	-0.062755516	-82.72124294	-0.29139435
Kælibúnaður (F-gös)	124.63478	0.046390861	-8.629512049	-0.064754871	67.43353861	1.178882432
Jarðvarmavirkjanir	176.6946	0.065768276	-1.449184614	-0.008134915	57.25720669	0.47939096
Vélar og tæki	74.54819489	0.027747912	15.13649513	0.254772969	-162.3443487	-0.685307972
Annað	139.0053463	0.051739793	-41.2204459	-0.228715576	-188.6759213	-0.57579099
Samtals – Miðað við losunarbókhald	2686.623544	1.000000501	-77.20067926	-0.027932558	-452.5627227	-0.144165616
Samtals* – Miðað við JCD 29/2022 <sup>36</sup>	–	–	–	–	-422.7054564	-0.135947485

\* Í ákvörðun sameiginlegu EES-nefndar nr. 29/2022 var losun undir beina ábyrgð Íslands árið 2005 metin 3.109.329 kg CO<sub>2</sub>-íg.

Ísland hefur skuldbundið sig til að ná 55% heildarsamdrætti í losun gróðurhúsalofttegunda fyrir árið 2030 miðað við árið 1990 í samvinnu með Evrópusambandinu og Noregi.

<sup>36</sup> Heimild: Umhverfisstofnun



Heildarmarkmiðið er brotið þannig niður að sameiginlega skulu ríkin ná 40% samdrætti í samfélagslosun m.v. árið 2005, auk þess sem samdráttur innan ETS-kerfisins á að skila 62% samdrætti, einnig miðað við 2005. Undir samfélagslosun fellur m.a. losun frá samgöngum, fiskveiðum, úrgangi, efnanotkun og smærri iðnaði.

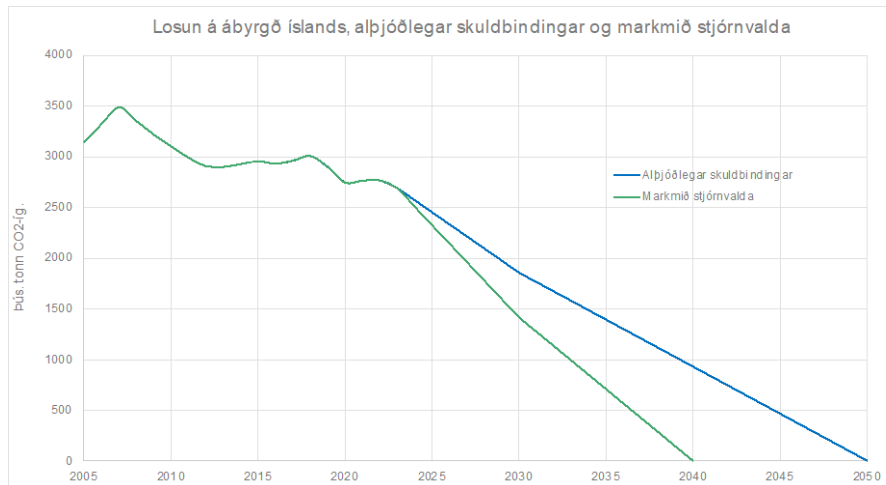
Markmið Íslands í samfélagslosun hefur ekki verið staðfest en miðað er við að það verði um 41% (fyrra markmið undir 40% heildarsamdráttarmarkmiði er 29%).

Sérstakar skuldbindingar gilda um losun frá landi en þar er markmiðið að auka ekki nettólosun frá landi út árið 2025 og sameiginlegt markmið ESB á seinni hluta tímabilsins (2026–2030) er að ná 310 milljón tonna bindingu. Því skal haldið til haga að hlutur Íslands í því markmiði hefur ekki verið staðfestur.

Engar sérstakar skyldur eru settar á einstök ríki vegna samdráttar í losun innan ETS-kerfisins. Aftur á móti bera rekstraraðilar, sem heyra undir kerfið, ábyrgð á því að eiga nægjanlegt magn losunarheimilda á móti sinni losun. Hluti losunarheimilda er veittur án kostnaðar en fyrirtæki geta keypt það sem upp á vantar á uppboði ríkja eða á frjálsum markaði. Til þess að setja þak á losun kerfisins mun framboð losunarheimilda innan kerfisins dragast saman um 4,3% árlega á tímabilinu 2024–2027 og um 4,4% árlega 2028–2030.

Þessar skuldbindingar eru ekki á beinni ábyrgð íslenskra stjórnvalda, og eru því ekki til umfjöllunar hér nema að hluta, en flugfélög hafa hug á að nálgast sjálfbært flugvélaeldsneyti, á ensku nefnt *Sustainable Aviation Fuel (SAF)*, til afnota í millilandaflugi, til að draga úr sinni losun innan ETS-kerfisins.

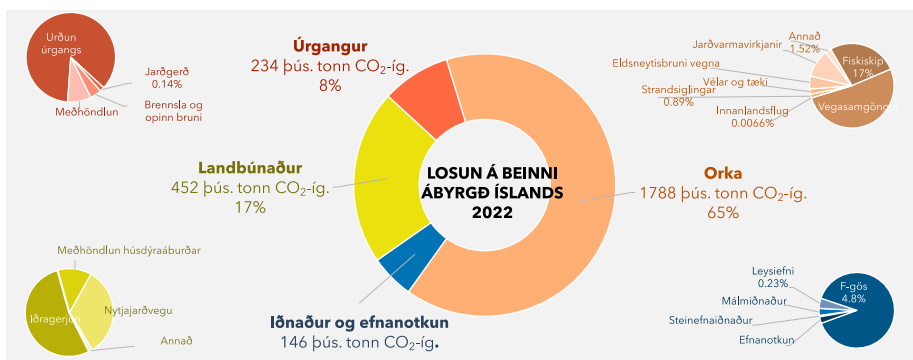
Ísland hefur að auki sett sér enn metnaðarfylli markmið en þessar skuldbindingar segja til um. Núverandi markmið eru kolefnishlutleysi árið 2040 í stað 2050 og 55% minni losun árið 2030 en var árið 2005, sjá mynd 13.



**Mynd 13. Losun á ábyrgð Íslands miðað við Parísarsamninginn.**

Mynd 13 sýnir losun á ábyrgð Íslands, sem hluta af skuldbindingum Evrópusambandsins vegna Parísarsamningsins, frá árinu 2005 til dagsins í dag, skuldbindingar Íslands með blárrí línu, og metnaðarfillri markmið stjórnvalda eru sýnd með grænni línu. Bláa línan er miðuð við áætlaðar skuldbindingar Íslands miðað við uppfærð markmið Evrópusambandsins. Ekki var birt mat á orkupörf til að uppfylla þessi markmið samfara skuldbindingunum, en atlega að því er gerð í þessum kafla.

### 7.3. Tæknilausnir, valkostir fyrir orkuskipti



**Mynd 14. Skipting losunar á ábyrgð Íslands.**

Myndræna framsetningu á skiptingu losunar á ábyrgð íslenskra stjórnvalda má sjá á mynd 14.

Á myndum 11 og 12 má glögglega greina að 65% af losun Íslands, eða tæp 1.800.000 tonn af CO<sub>2</sub>, stafa frá orkunotkun, þar af eru um 190.000 tonn vegna óþéttanlegra gasa úr jarðhitavökva jarðhitavirkjana, en afgangurinn (58%) losnar við brennslu eldsneytis, í vegasamgöngum, á sjó og við vélanotkun ýmiss konar.

Að því gefnu að viðkomandi starfsemi verði ekki hætt þarf að nýta orkugjafa sem ekki valda losun í stað þeirrar jarðefnaorku sem hætta skal notkun á.

Það er engin tilviljun að notkun jarðefnaeldsneytis hefur haldist í hendur við framfarir og bætt lífskjör. Kol og olía innihalda samþjappaða efnaorku við háan orkuþéttleika og eru á formi sem auðvelt er að flytja, geyma og nýta þegar þörf er á.

Endurnýjanleg orka og kjarnorka eru leiðir til orkuöflunar sem valda mun minni losun. Kjarnorka, vatnsafl, vindur og sól framleiða raforku, en jarðhiti er varmaorka sem ýmist má nýta til raforkuframleiðslu eða beint til hitunar.

Ísland hefur þegar lokið orkuskiptum þar sem um 90% húshitunar í landinu, sem og önnur heitavatnsnotkun, færðust frá kola- og olíuhiton yfir á jarðhita. Það hefur reynst mjög farsæl ráðstöfun, bæði verið hagkvæm og stuðlað að auknum lífsgæðum. Vegna þessa eru Íslendingar í allt annarri og betri stöðu en flestar þjóðir Evrópu, þar sem að meðaltali um fimmtungur losunar er vegna upphitunar og annarrar orkunotkunar heimila.<sup>37</sup> Af þeim sökum leggja lönd Evrópusambandsins nú mikla áherslu á bætta orkunýtni með einangrun húsa og uppsetningu varmadælna, sem lið í sínum loftslagsmarkmiðum.

Lífmassi fellur líka undir endurnýjanlega orkugjafa og getur nýst við framleiðslu á endurnýjanlegri raforku og í stað jarðhita. Lífmassi er gjarnan brenndur, annaðhvort til upphitunar eða sem eldsneyti fyrir raforkuframleiðslu, en jafnframt er mögulegt að framleiða eldsneyti úr lífmassa sem hefur sambærilega eiginleika og olía. Í dag er eldsneyti úr lífmassa blandað í það eldsneyti sem notað er í samgöngum á Íslandi, og vegna þessa telst losun frá vegasamgöngum um 8% lægri en ef svo væri ekki.

### 7.3.1. Bein notkun raforku

Bein notkun endurnýjanlegrar raforku, þar sem það er unnt, er skilvirkasti kosturinn. Dæmi um þetta er rafvæðing iðnaðarferla á borð við fiskimjölsframleiðslu, þar sem fyrirtækin hafa sett upp rafhitun í stað olíukatla, sem sparar töluverða losun þegar raforka fæst til starfseminnar.

Annað dæmi er rafbílanotkun, en að jafnaði nýtast um 77% af raforku frá flutningskerfinu til að knýja bílinn áfram. Það þýðir að af 100 kWst sem raforkukerfið skilar að hleðslustöð nýtast um 77 kWst í að flytja bílinn milli staða.

#### Einkabílar

Margir framleiðendur bjóða nú rafbíla, og hefur þeim fjölgað mjög á akstursleiðum landsins. Stjórnvöld gera ráð fyrir að banna innflutning á bílum sem eingöngu ganga fyrir jarðefnaeldsneyti árið 2030. Þó eru ákveðnar áskoranir sem hægja á orkuskiptum einkabíla:

---

<sup>37</sup> Hagstofa Evrópusambandsins, Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>

1. Þótt rafbílar hafi lækkað í verði eru þeir enn töluvert dýrari en sambærilegir bensín- og dísilbílar.
2. Bílaleigur kaupa verulegan hluta nýrra bíla sem keyptur er til Íslands, eða um 50% af nýskráðum bílum frá janúar til nóvember 2024, en rafbílar og tengiltvinnbílar voru innan við 20% þeirra, þar af aðeins 6% rafbílar. Rafbílar virðast síður henta til útleigu.<sup>38</sup>
3. Um er að ræða nýja tækni, ekki komin reynsla á endingu og ekki óeðlilegt að almenningur sé hikandi við að taka áhættu við svo stóra fjárfestingu.
4. Bílar eru lengi í notkun þannig að bensínbíll sem kemur til landsins árið 2024 verður líklega enn í akstri árið 2040.
5. Ekki hafa allir aðstöðu til að hlaða fyrir utan heimili sitt og töluvert lengri tíma tekur að hlaða bíl í hleðslustöð en að taka bensín.
6. Aðgengi að hraðhleðslustöðum getur verið takmarkandi á helstu ferðadögum ársins og bilun á einum stað getur valdið miklum töfum og óþægindum sem hafa áhrif á orðspor tækninnar og þar með viðhorf bílakaupenda.
7. Rafhlöður eru þungar þannig að rafbílar með mikla drægni eru þyngri en bensín- og dísilbílar sem eykur slit á vegum.

Hægt hefur á flutningi rafbíla til landsins á þessu ári (24,3% nýskráninga fyrstu 11 mánuði 2024, frá 45% á árinu 2023)<sup>39</sup>. Fyrir því kunna að vera ýmsar ástæður, t.d. háir vextir sem minnka fjárfestingavilja og breytingar á opinberum ívilnunum við kaup og rekstur rafbíla. Þess má geta að sömu sögu má segja frá Þýskalandi og öðrum löndum, þar sem samdráttur í ívilnunum til rafbílahefingavilja hefur leitt til þess að hægt hefur á rafbílavæðingu. Ljóst er að hlutfall rafbíla þarf að hækka til að ná markmiðum.

### Vegaflutningar

Erfiðara er að ná orkuskiptum í vöruflutningum á vegum, þar sem flutningabílar eru þungir, bera þunga farma og aka langar vegalengdir. Rafhlöður sem duga langar vegalengdir fyrir þung farartæki eru þungar, dýrar og fyrirferðarmiklar og myndu draga úr flutningagetu bifreiðanna. Því er ekki enn ljóst hvort vöruflutningabifreiðar verða knúnar raforku frá rafhlöðum eða hvort þær munu áfram nota eldsneyti. Endurnýjanlegt eldsneyti á borð við lífildsneyti, vetni eða annað rafeldsneyti kæmi þá til greina í stað jarðefnaeldsneytis. Þótt þróun undanfarinna missera bendi til þess að rafknúnir flutningabílar muni ná að þjóna helstu flutningaleiðum, er ekki ljóst að þær muni duga til alls staðar. Í sviðsmyndum sem notaðar eru við greiningar í þessari skýrslu er annars vegar gert ráð fyrir að meiri hluti vegaflytninga fari beint á rafmagn, sem fellur undir

---

<sup>38</sup> Upplýsingar í skriflegum svörum frá Bilgreinasambandinu.

<sup>39</sup> „Litlar breytingar í nýskráningum fólksbifreiða“, <https://www.fib.is/is/um-fib/frettir/litlar-breytingar-i-nyskraningum-folksbifreiða>.

lágspá í orkuþörf. Háspá gerir ráð fyrir að meiri hluti vegaflytninga fari á rafeldsneyti, þar sem mun meiri orkuöflunar er þörf til að knýja rafeldsneytisframleiðslu.

### Skip

Ólíkar gerðir skipa og báta hafa mjög ólíkar þarfir. Horfur eru á að dagróðrabátar gætu með tímanum rafvæðst, meðan líklegri er að frystitogarar, sem eiga stærstan þátt í losun frá útgerðinni og eru vikum saman úti á sjó, muni geta notað sjálfbært eldsneyti af einhverju tagi. Fiskiskipaflotinn hefur þegar minnkað losun um 35% með endurnýjun í flotanum með sparneytnari fiskiskipum og Samtök fyrirtækja í sjávarútvegi (SFS) hafa sett fram metnaðarfulla áætlun um hvernig sjávarútvegur getur minnkað losun frá sinni starfsemi í samræmi við markmið Íslands.<sup>40</sup>

### Flugvélar

Rafvæðing flugvéla í innanlandsflugi er möguleg en langdrægari flugvélar í utanlandsflugi munu líklega ganga fyrir raf- og/eða lífeldsneyti.

#### 7.3.2. Rafeldsneyti

Vetni er minnsta og léttasta frumeindin í lotukerfinu og algengasta frumefni í heimi. Þegar vetni er brennt til að nýta orku, hvort sem er í sprengihreyfli eða efnarafal, er myndefnið vatnsgufa. Enginn koltvísýrlingur eða önnur mengunarefni losna við efnahvarfið og þykir vetnið því mjög aðlaðandi orkugjafi. Þó er lítið um að vetni finnist á vinnanlegu hreinu formi og í dag er nánast allt vetni framleitt úr metangasi með ferli sem á ensku kallast „*Steam Reforming*“. Meiri hluti af þessu vetni er notaður í iðnaðarferla á borð við Haber-Bosch ferlið til framleiðslu ammoníaks fyrir áburðarframleiðslu. Verið er að þróa aðra iðnaðarferla sem byggja á vetni sem kemur í stað kola. Dæmi um það er stálframleiðsla sem notar vetni til afoxunar á málmgrýti.

**Vetni má flokka eftir framleiðsluaðferðum.** Vetni sem er framleitt úr metangasi, með tilheyrandi losun gróðurhúsalofttegunda, kallast „grátt“ vetni, en sé koltvísýrlingurinn sem myndast við ferlið fangaður og honum fargað flokkast það sem „blátt“ vetni. Vetnið flokkast sem „grænt“ sé það framleitt með rafgreiningu vatns, enda sé notuð raforka úr endurnýjanlegum orkugjöfum. Að auki eru nokkrir aðrir litaflokkar í boði sem síður skipta máli fyrir íslenska tilfellið, en þó má nefna að vetni framleitt með kjarnorku er ýmist kallað „bleikt“ eða „fjólublátt“.

Grænt vetni er, eins og fram er komið, framleitt með því að rafgreina vatn með endurnýjanlegri raforku. Rafgreining notar raforku til þess að fá efnahvörf til að ganga í átt sem þau ekki myndu gera af sjálfu sér, vegna lögmála varmafræðinnar. Með því að skipta hvarfinu í tvennt og hleypha rafstraumi milli rafskauta í vatninu

---

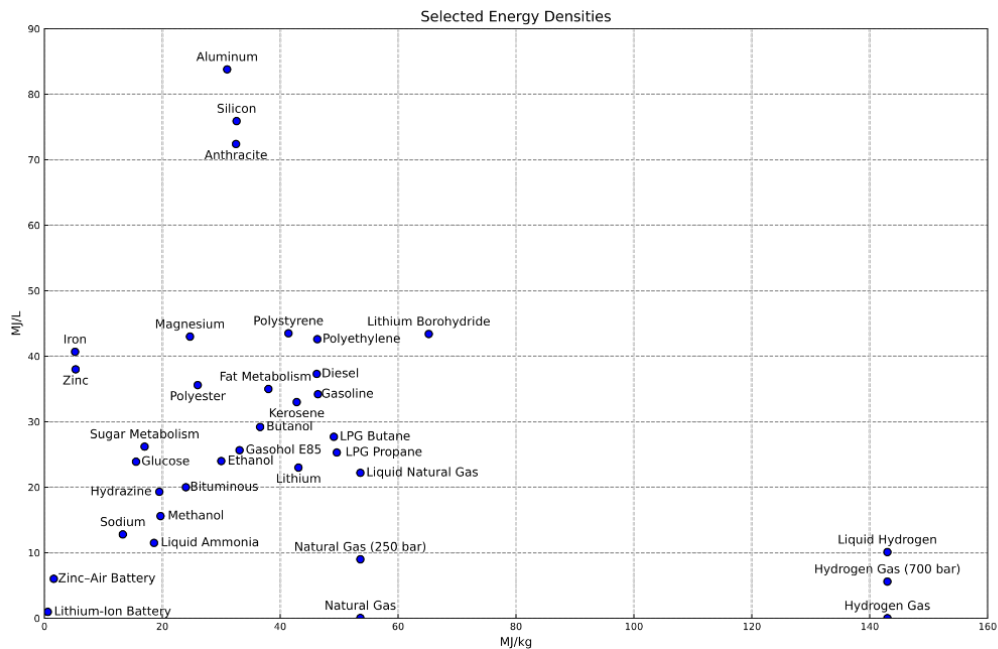
<sup>40</sup> Loftslagsvegvisir sjávarútvegs

má kljúfa vatnssameindina og mynda súrefni við forskaut en vetni við bakskauf. Raforkan sem nýtt er í rafgreininguna breytist þá að hluta í efnaorku vetnisins, sem síðan má nýta sem eldsneyti þegar þörf er á.

Hluti af raforkunni tapast hins vegar óhjákvæmilega við ferlið.

Helstu gerðir rafgreina eru: *Alkaline*, *Proton Exchange Membrane* (PEM) og *Solid Oxide* (SO). Alkaline-rafgreinar eru í dag langalgengastir og flestar gerðir stærri rafgreina í boði eru Alkaline. PEM-rafgreinar hafa þá kosti að hafa stærra virknisvið og þannig eru meiri möguleikar á að sveifla afköstum þeirra heldur en með Alkaline-rafgreinum. Fræðilega séð ætti að vera hægt að fara niður í 20–30% afköst, en þó hefur viljað brenna við að framleiðendur ábyrgist ekki sveiflur niður fyrir 50%. PEM-rafgreinar eru þó nokkuð dýrari en Alkaline og nota dýra efnahvata. Solid Oxide-rafgreinar eru komnir skemmra á veg í þróun, þeir nýta hátt hitastig (700–1000°C) og geta nýtt utanaðkomandi varma til uppgufunar á vatni. Þeir geta, fræðilega séð, náð töluvert betri nýtni en hinar gerðirnar frá raforku yfir í efnaorku vetnis. Fyrirtæki sem þróa Solid Oxide-rafgreina gefa upp allt að 90% nýtni raforku en nýtni annarra rafgreina er gjarnan á bilinu 65–75%. Þar sem Solid Oxide-rafgreinar vinna við hátt hitastig er ólíklegt að þeir muni henta fyrir breytileg afköst.

Helstu vandkvæðin við notkun vetnis sem orkubera eru erfiðleikar við geymslu og flutning. Vetni er mjög létt lofttegund og þó að orkuinnihaldið sé mjög hátt pr. kg þarf að geyma það við háan þrýsting svo það taki ekki allt of mikið rými.



Mynd 15. Orkuþéttleiki pr. rúmmálseiningu sem fall af orkuinnihaldi pr. kg fyrir ýmsa orkubera.

Eins og sjá má þarf að þjappa vetninu í um 700 bar þrýsting til að ná um 15% af orkuþéttleika bensíns. Sé vetnið vökvagert nást nálægt 30% af orkuþéttleika bensíns, en til þess þarf nánast að kæla það niður í alkul ( $T_{cr}=-239.96^{\circ}\text{C}$ ), en það ferli þarfnast um 30% af orkuinnihaldi vetnisins.<sup>41</sup> Að auki hefur hin smáa vetnissameind mikla tilhneigingu til að leka og sleppa úr tönkum og jafnframt smýgur vetni inn í málma og gerir þá stökka. Af þessum sökum er bæði dýrt og erfitt að geyma og flytja vetni. Því horfa margir til þess að geyma og meðhöndla vetnið í formi **rafeldsneytis**.

Rafeldsneyti er framleitt úr vetni með því að binda það köfnunarefni og mynda ammoníak, eða binda það  $\text{CO}_2$  og framleiða metanól eða önnur kolvetni sem líkjast olíu að eiginleikum. Til staðar eru áform um uppsetningu á framleiðslueiningum á Íslandi fyrir báða þessa meginflokka rafeldsneytis.

Reikna má með nýtni við framleiðslu vetnis nálægt 70% og svo verða töp við meðhöndlun þess, hvort sem er vegna þjöppunar og leka eða frekari vinnslu yfir í rafeldsneyti. Að auki verða óhjákvæmileg töp við notkun rafeldsneytisins ef efnaorkunni er breytt aftur í raforku eða hreyfiorku. Heildarnýtni yrði alltaf undir 30% og líkast til nær 20%. **Því má gera ráð fyrir að 100 kWst frá raforkukerfinu myndi skila 20–30 kWst í að knýja farartæki áfram.**

### Ammoníak, $\text{NH}_3$

Ammoníak er framleitt með efnahvarfi vetnis og köfnunarefnis ( $\text{N}_2$ ). Köfnunarefni er 78% af andrúmslofti jarðar og því er auðvelt að vinna það úr andrúmsloftinu til framleiðslunnar. Ammoníak er í dag notað til að framleiða tilbúinn áburð og líka í stærri kælikerfum. Því er tækniþekking til staðar til að meðhöndla og flytja ammoníak, en þó er ekki hægt að nota innviði fyrir jarðefnaeldsneyti beint þar sem ammoníak er eitrað og þar með vandmeðfarið. Til að bruni eldsneytisins sé kolefnishlutlaus þarf að gæta þess að mynda ekki köfnunarefnissambönd ( $\text{NO}_x$ ) sem eru gróðurhúsalofttegundir og geta einnig valdið staðbundinni mengun. Vélar sem nýta þetta eldsneyti eru enn í þróun og þótt jákvæðar fréttir berist af stöðu þekkingar eru slíkar vélar ekki í boði á markaði þegar þetta er skrifað.

### Kolvetnarafeldsneyti

Kolvetnarafeldsneyti er næst því að geta komið beint í stað jarðefnaeldsneytis, án þess að gjörbreyta þurfi innviðum til flutnings og dreifingar, og notendur geta tekið við því með hóflegum fjárfestingum og aðlögun véla. Það er framleitt með því að hvarfa saman vetni og koltvísýrling.

Til að þetta eldsneyti teljist kolefnishlutlaust og valdi ekki raunaukningu á losun á  $\text{CO}_2$  þegar eldsneytið er brennt þarf kolefnið sem notað er í framleiðsluna að koma úr andrúmsloftinu. Það má gera með kolefnisföngun úr andrúmsloftinu

---

<sup>41</sup> [Energy requirements for hydrogen gas compression and liquefaction as related to vehicle storage needs. Department of Energy, Bandaríkin.](#)

(Direct Air Capture, DAC) eða föngun á CO<sub>2</sub> úr afgasi frá bruna á lífmassa, en lífmassi bindur kolefni úr andrúmsloftinu. Í dag eru báðar þessar leiðir til að útvega CO<sub>2</sub> mjög dýrar og orkufrekar, og takmarkað framboð er á CO<sub>2</sub> sem uppfyllir skilyrði um kolefnishlutleysi.

Kolefni frá iðnaði eða orkuvinnslu telst sem viðbótarlosun, þar sem sú starfsemi þarf annaðhvort að hætta sinni losun eða farga henni til að ná því kolefnishlutleysi sem að er stefnt. Sé kolefni frá iðnaðarferli notað þarf iðnfyrirtækið að kaupa ETS-heimildir fyrir koltvísýringnum sem síðan er nýtt í rafeldsneytisframleiðsluna. CO<sub>2</sub> frá iðnaði er samþykkt til þessarar notkunar tímabundið, samkvæmt reglum Evrópusambandsins, meðan beðið er eftir tækniþróun sem gerir kolefnisföngun úr andrúmslofti hagkvæmari. Samfara jarðhitavinnslu verður ákveðin CO<sub>2</sub>-losun þar sem jarðgufan inniheldur svokölluð óþéttanleg gös (Non-condensable gases, NCG), þar á meðal CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S, sem þarf að fjarlægja frá eimsvala. Carbfix-ferlið var til að mynda upphaflega þróað til að farga varanlega CO<sub>2</sub> frá jarðhitavinnslu. Evrópusambandið flokkar CO<sub>2</sub> frá íslenskum jarðhitavirkjunum sem iðnaðarlosun sem fellur undir samfélagslosun Íslands og er hluti af loftslagsmarkmiðum stjórnvalda. Á sama tíma hefur Ítalía heimild til að nýta CO<sub>2</sub> frá ítölskum jarðhitavirkjunum til að framleiða endurnýjanlegt eldsneyti. Þarna er á ferðinni ósamræmi sem stjórnvöld gætu unnið í að fá leiðrétt á vettvangi Evrópusambandsins.

### Lífeldsneyti

Það form endurnýjanlegs eldsneytis sem notað er í dag til íblöndunar er nær eingöngu lífeldsneyti, sem unnið er úr orkuríkum jurtum.

Gera má ráð fyrir að íblöndun með lífeldsneyti muni gegna stærra hlutverki til 2030 en endurspeglast í umræðunni í dag. Repja, sem vex ágætlega hér á landi, er gott hráefni í lífeldsneyti en óljóst hvort ræktun hennar í því skyni hér á landi fáiist viðurkennt. Ástæða þess er að ræktun orkujurta telst á alþjóðavísu vera í samkeppni við matvælaframleiðslu, og því ekki æskilegt að margfalda orkuöflun með þeim hætti. Á Íslandi er þó mikið af ónýttu landrymi sem gæti nýst til slíkrar ræktunar, án þess að líffræðilegri fjölbreytni sé ógnað, og því vel þess virði að skoða alvarlega fýsileika og hagkvæmni þess að framleiða lífeldsneyti hér á landi, til samanburðar við hagkvæmni rafeldsneytis fyrir þá eldneytisnotkun sem erfitt er að rafvæða beint. Í því samhengi þyrftu stjórnvöld að beita sér til að ESB viðurkenni íslenskt rafeldsneyti sem endurnýjanlegt.

### Samanburður á hagkvæmni

Við samanburð á þeim kostum sem í boði eru til útskipta á jarðefnaeldsneyti blasir við að bein notkun raforku er skilvirkust og sennilega ódýrust þar sem henni verður við komið.

Fyrir aðra notkun eru valkostirnir lífeldsneyti og rafeldsneyti. Til að fá hugmynd um hagræn áhrif slíkra eldsneytisskipta má vísa í mynd 16 sem er samantekt á



gögnum úr skýrslu IRENA frá 2021, kynningu Lazard et.a.l, 2023,<sup>42</sup> raforkuvísium Orkustofnunar 2024 og eldsneytisverð á Íslandi, með og án skatta, í október 2024. Irena lagði mat á núverandi og hugsanlegt framtíðarkostnaðarverð metanóls framleitt úr jarðefnaeldsneyti, lífmassa og rafeldsneyti. Úr kynningu Lazard er lagt mat á kostnaðarbil græns vetnis, frá PEM- og Alkaline- rafgreinum, með og án niðurgreiðslna sem gert er ráð fyrir frá bandarískum stjórnvöldum í samræmi við átaksværfnið *Inflation Reduction Act*.<sup>43</sup> Til samanburðar er svo kostnaðarverð bensíns og dísilolíu á alþjóðamarkaði, eldsneytisverð á Íslandi með opinberum gjöldum, og samanburður við væntan orkukostnað við framleiðslu vetnis miðað við heildsöluverð raforku á Íslandi árin 2022 og 2024, samkvæmt raforkuvísa Orkustofnunar 2024. Hafa þarf í huga að þá er eftir að taka tillit til stofn- og rekstrarkostnaðar vetnisverksmiðju, sem Lazard reiknar með.

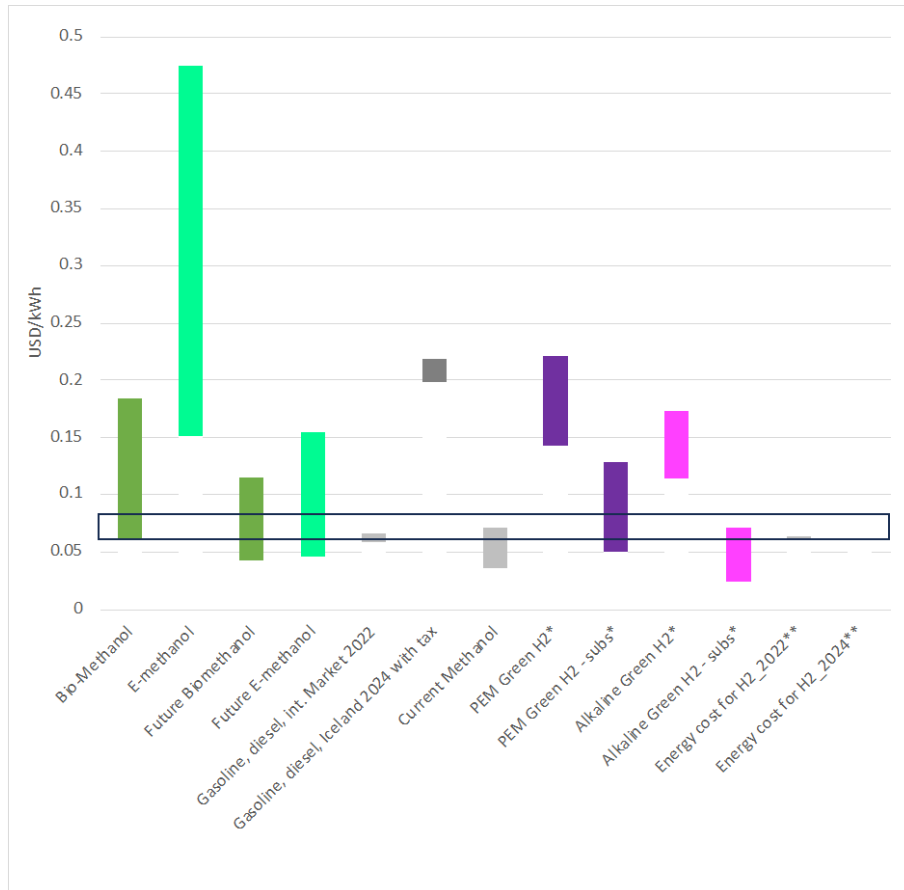
Ljóst er að kostnaðarverð rafeldsneytis verður mjög háð raforkuverði til rafgreiningar og kostnaði við öflun CO<sub>2</sub>. Ef raforkuverð til rafgreiningar er 43 US\$/MWst, sem var heildsöluverð raforku án flutnings 2022 er þáttur raforku í kostnaðarverði vetnis 2,1 US\$/kg H<sub>2</sub>, en með núverandi heildsöluverði er kostnaðurinn nær 2,7 US\$/kg H<sub>2</sub>. Verð með flutningi til stórnotenda er í dag nokkru hærra en þetta. Verði orkuverð 64 USD/MWst, sem er líklegt verð ef orkukerfið þróast áfram með breytilegum orkugjöfum, er kostnaðurinn við raforkukaup um 3,6 US\$/kg H<sub>2</sub>. Þennan kostnaðarþátt orku í framleiðslukostnaði vetnis má bera saman við vænt kostnaðarverð vetnis í mynd 16. Varðandi niðurgreiðslur er vestan hafs gert ráð fyrir niðurgreiðslum til framleiðslu græns vetnis upp á allt að 3 US\$/kg H<sub>2</sub> í áttakinu „*Inflation Reduction Act*“.

Vonir standa til að fjárfestingakostnaður muni lækka og hagkvæmni aukast, en orkuþátturinn verður áfram til staðar. Nokkur óvissa er um kostnað vegna öflunar CO<sub>2</sub> til metanólframleiðslu sem endurspeglast í stóru kostnaðarbili raf-metanóls á mynd 7.6.

---

<sup>42</sup> A pathway to decarbonise the shipping sector by 2050, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2021.

<sup>43</sup> Um Inflation Reduction Act, sjá: <https://home.treasury.gov/policy-issues/inflation-reduction-act>



**Mynd 16. Mat kostnaðarverðs eldsneytis af ýmsu tagi.**

Á mynd .16 er sýnt mat kostnaðarverðs eldsneytis af ýmsu tagi frá [Irena 2024], stjörnumerkt\* frá [Lazard et.a.l, 2023], Bláa boxið sýnir kostnaðarbil raforku til rafgreiningar pr. orkueiningu í framleiddu vetni, miðað við heildsöluverð raforku á Íslandi frá 2022 til 2024, skv raforkuvísi OS 2024. Verð á bensíni og dísil miðað við október 2024.

Við samanburð á hagkvæmni má gera ráð fyrir að um 25–50% af orkuinnihaldi rafeldsneytis skili sér í að hreyfa farartæki milli staða, eftir því hvort það er knúið brennsluhreyfli eða efnarafal. Reikna má með að um 70–75% af þeirri raforku sem notuð var í rafgreininguna verði að efnaorku, en frekari töp verða við áframvinnslu rafeldsneytis og þjöppun og flutning vetnis. Að jafnaði má bera um 20–25% nýtni frá raforku yfir í hreyfiorku farartækis við 77% nýtni ef unnt er að geyma raforku á rafhlöðu og nota beint. Því er bein notkun raforku alltaf bæði hagkvæmust og krefst minnstrar orkuöflunar.

## 7.4. Orku eftirspurn – greining

Áður en lengra er haldið er rétt að leggja mat á hversu mikla orku þarf til skipta út því jarðefnaeldsneyti sem í dag veldur losun Íslands með endurnýjanlegri orku. Eftirfarandi greining á orku eftirspurn miðar við óbreytta orkuþörf til að mæta eldsneytisnotkun árið 2022. Það má nefna að íbúafjöldi á Íslandi óx um nær 30% milli 2005 og 2024 og er nú 388.000 og ferðamannafjöldi óx frá um 370.000 í nálægt 2 milljónir árið 2023. Ekki væri óeðlilegt að gera ráð fyrir að svipuð þróun

haldi áfram, en miðgildi mannfjöldaspár Hagstofunar er um 430.000 árið 2030 og yfir 500.000 þúsund árið 2040. Að óbreyttu þýðir fjölgun landsmanna meiri orkunotkun. Á sama tíma og orkuskipti eiga sér stað er gert ráð fyrir mikilli aukningu í notkun gervigreindar og annarri stafrænni þjónustu sem byggir á orkufrekum rekstri gagnavera. Því er margt sem bendir til þess að orkuþörf samfélagsins muni aukast verulega, með og án orkuskiptanna.<sup>44</sup> Í nýlegri raforkuspá Landsnets er áætlað að árleg orkuþörf samfélagsins án orkuskipta muni aukast um 3 TWst til ársins 2030, og um 6 TWst fram til ársins 2040.

Núverandi notkun eldsneytis má brjóta niður eftir notkunarflokkum, sjá töflu 18.

Stærsti losunarpátturinn vegna orkunotkunar er vegasamgöngur sem eru um 33% af heildarlosun, en af þeirri tölu eru svo aftur um 60% (af vegalossun) frá fólksbílum og um 40% vegna flutninga. Fólksbílar valda um 20% af losun á ábyrgð Íslands. Eins og fram kom í kafla 7.3 er langsamlega hagkvæmasta leiðin til orkuskipta fyrir fólksbíla bein rafvæðing þar sem rafbílar ná, við góðar aðstæður, að nýta um 85% þeirrar raforku sem notuð er til að hlaða rafhlöður þeirra. Þó má reikna með að orkunotkun aukist að vetri til, þegar gera má ráð fyrir um 15% viðbótarorkunotkun til að hita upp bílinn. Að jafnaði má reikna með um 77% orkunýtni.<sup>45</sup>

Bensín- og dísilbílar nota að jafnaði kastvarma frá vélunum til upphitunar, sem má líta á sem bættu orkunýtingu – en einungis 20–35% af orku eldsneytisins nýtast til að knýja bílinn áfram.

**Ef fólksbílaflotinn yrði allur rafvæddur, og miðað er við olíunotkun fólksbílaflotans í dag, mætti mæta raforkuþörf þeirra með um 1200 GWst á ári, sem er ígildi ársframleiðslu um 140 MW virkjunar sem keyrð væri á jöfnum afköstum.**

Þau 14% af losun Íslands sem eftir standa frá umferð eru vegna flutninga. Sennilega getur flutningabílageirinn rafvæðst að hluta, en vegna þess að drægni, þyngd rafhlöðu og hleðslutími setja skorður er líklegt að hluti þeirra verði áfram knúinn fljóttandi eldsneyti, sem að loknum fullum orkuskiptum yrði rafeldsneyti eða lífeldsneyti. Ef allir flutningabílar yrðu rafknúnir myndu um 800 GWst á ári duga, en ef framleitt yrði rafeldsneyti fyrir þá alla er þörf um 2.700 GWst. Því er þörf fyrir uppsett grunnafl milli 90 og 300 MW, þeim mun lægri þörf eftir því sem hærra hlutfall færi beint á rafmagn.

---

<sup>44</sup> Mannfjöldaspá Hagstofunnar, <https://hagstofa.is/talnaefni/ibuar/mannfjoldaspa/mannfjoldaspa/>

<sup>45</sup> Mark Singer o.fl: Electric Vehicle Efficiency Ratios for Light-Duty Vehicles Registered in the United States.

**Tafla 18. Möguleikar á að ná um 37% samdrætti í losun hér á landi árið 2030, miðað við árið 2005.**

Viðmiðurnar						
	2005	2022	Samdr. - 2030	2030	MV 2005	MV 2022
	þús. tonn CO2	þús. tonn CO2	þús. tonn CO2	þús. tonn CO2		
Vegasamgöngur	775,9429	935,54366	-233,88592	701,657745	-0,0957353	-0,25
Fiskiskip	751,15588	485,949236	-147,92909	338,020146	-0,55	-0,3044126
Landbúnaður	602,863444	595,98195	-40	555,98195	-0,0777647	-0,0671161
Urðun úrgangs	284,275244	200,223502	-61,668839	138,554663	-0,5126038	-0,308
Kælibúnaður (F-gös)	57,2012414	133,663932	-106,93115	26,7327863	-0,5326537	-0,8
Jarðvarmavirkjanir	119,437393	190,259	-170	20,259	-0,8303798	-0,8935188
Vélar og tæki	236,892544	59,4116998	-20	39,4116998	-0,8336305	-0,336634
Annað	324,974781	216,713012	-40	176,713012	-0,4562255	-0,1845759
Alls:	3152,74343	2817,74599	-820,41499	1997,331	-0,3664784	-0,29116

Í töflu 18 er reiknað með að þeim samdrætti í losun frá vegasamgöngum sem ekki raungerist með aukinni rafbílanotkun verði náð með íblöndun kolefnishlutlaus eldsneytis, sem framan af verður væntanlega aðallega lífoldsneyti. Muna verður að við útreikning á losun bifreiða árið 2022 er reiknað með um 8% íblöndun lífoldsneytis. Sama má segja um notkun véla og tækja. Hvað varðar fiskiskipaflotann er miðað við loftslagsvegvísi Samtaka fyrirtækja í sjávarútvegi<sup>46</sup>. Gert er ráð fyrir að samdráttur í losun vegna meðhöndlunar úrgangs haldi áfram á sama hraða og síðustu ár og að nánast allir flúorgaskælimiðlar verði horfnir. Jafnframt er reiknað með að nánast allur sá kolvísýrlingur frá jarðhita, sem fýsilegt er að fanga, verði bundinn í steindum neðan jarðar. Einnig að samdrætti verði náð í iðragerjun búpenings með breytingu á fôðrun.

Í töflu 19 er tilgreind olíunotkun innan lands árið 2022, losun frá henni og orkuinnihald, ásamt mati á raforkuþörf til að skila sömu afköstum, ýmist með beinni rafvæðingu, með framleiðslu rafeldsneytis eða líklegs samblands af þessu tvennu. Losun frá alþjóðaflugi og siglingum er líka sýnd fyrir árin 2022 og 2018. Þar af er starfsemi innan EES hluti af ETS-kerfinu.

<sup>46</sup> Loftslagsvegvisir sjávarútvegs

**Tafla 19. Olíunotkun innan lands árið 2022, losun frá henni og orkuinnihald, ásamt mati á raforkuþörf til að skila sömu afköstum út frá mismunandi forsendum.**

	2022		Orku- inni- hald	Ef rafvæ ð-ing	Grunn afl	Ef rafelds- neyti	Grunn afl	Hugs- anleg lending -		Hugsanleg lending +	
	Þús. Tonn olía	Þús. Tonn CO2	GWh	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW
<b>Á ábyrgð Íslands</b>											
Bifreið- ar	314	936	4046	2023	238	6743	794				
<b>Einka- bílar</b>	188	561	2428	1214	143	4046	476	1214	143	1214	143
Flutn- inga- bílar	125	374	1618	809	95	2697	317	1376	162	2320	273
Fiski- skip	150	486	1941	970	114	3235	381	2782	327	3008	354
Sjóflutn- ingar	8	25	99	50	6	165	19	50	6	50	6
Flug innan- lands	8	25	99	49	6	49	6	49	6	49	6
Iðnaður	46	148	592	592	70	592	70	592	70	592	70
Varmi	1	2	8	8	1	8	1	8	1	8	1
Orku- vinnsla	3	11	43	43	5	43	5	43	5	43	5
Annað	0	1	3	3	0	3	0	3	0	3	0
Alls	529	1633	6830	3738	440	10838	1276	6116	720	7286	858
Hlutfall sleg aukning				19%		55%		31%		37%	
Alþjóða elds- neytis- losun											
Alþjóða- flug - 2022	232	749	2990	1495	176	4984	587	4984	587	4984	587
Alþjóða- flug - 2018	408	1316	5257	2629	309	8762	1031	8762	1031	8762	1031
Milli- landa- sigling- ar	90	291	1161	581	68	1935	228	1935	228	1935	228
Alls m.v. 2022	322	1039	4151	2076	244	6919	814	6919	814	6919	814

Íslenskt + ETS mv 2022	851	2672	10981	5814	684	17757	2090	13035	1534	14205	1534
Íslenskt + ETS mv 2018	1027	3240	13249	6947	818	21536	2535	16813	1979	17984	2117

Í töflu 19 er orkan í eldsneytinu gefin í GWst og reiknað út hve mikla raforku þyrfti til að vinna sömu vinnu, annaðhvort með beinni nýtingu raforkunnar þar sem hún kemur í stað eldsneytis á vélar eða með því að framleiða rafeldsneyti sem áfram yrði notað á slíkar vélar. Dálkurinn sem merktur er rafeldsneyti er því hámark raforkuþarfar til að mæta sömu þörfum, um 11.000 GWst eða 11 TWst.

Að auki eru tveir dálkar, „Hugsanleg lending -“, þar sem sýnd er orkuþörf ef allir einkabílar, 70% af flutningum og 20% af skipum færu á raforku en afgangurinn af flutningum og fiskiskipum nýtti rafeldsneyti, og hinn er „Hugsanleg lending +“ þar sem gert er ráð fyrir að 80% flutninga og 90% fiskiskipa noti rafeldsneyti. Hafa ber í huga að hér er ekki tekið tillit til mögulegrar notkunar á lífeldsneyti, sem myndi dragast frá rafeldsneytisnotkun, en að sama skapi er ekki gert ráð fyrir annarri fyrirsjáanlegri aukningu á orkunotkun.

„Hugsanleg lending -“ myndi krefjast raforkuframleiðslu sem nemur ríflega 6 TWst, sem jafngildir ríflega 700 MW uppsettu aflí með jafnri framleiðslu, meðan „Hugsanleg lending +“ krefst 7 TWst og 850 MW grunnafls.

Ef skoðuð er orkuþörf til að sjá millilandaflugi og siglinum fyrir rafeldsneyti, þá skiptir máli hvaða ár er notað til viðmiðunar. Matið á orkuþörf Íslands með alþjóðastarfsemi er 13–14 TWst ef miðað er við árið 2022, en þar sem áhrifa COVID-faraldursins gætir enn í ferðþjónustu ársins 2022 má færa rök fyrir að réttara sé að miða við árið 2018. Ef rafeldsneyti er framleitt fyrir allt millilandaflug og siglingar, og við miðum við árið 2018, fer orkuþörfin upp í 17–18 TWst eða 2000–2100 MW uppsett afl með jafnri framleiðslu.

Þetta mat er í ágætu samræmi við niðurstöður vetnis- og rafeldsneytisvegvisis, sem gefinn var út í apríl 2024, sem mat þörfina sem 7 TWst til orkuskipta innan lands. Vegvísirinn kom þó með töluvert hærra mat fyrir millilandaferðsemi, 16 TWst til viðbótar, eða alls 23 TWst.

## 7.5. Orkuframboð – greining

Þegar lagt hefur verið mat á orkuþörf vegna orkuskipta, fyrir ákveðnar sviðsmyndir, er næsta skref að meta getu orkukerfisins til að útvega þá orku sem til þarf.

Þar sem virkjanir eru lengi í undirbúningi er ekki útlit fyrir aukningu í orkuöflun fyrir 2028, þegar Hvammsvirkjun gæti hafið rekstur, verði ekki frekari tafir, með 93 MW uppsett afl og 740 GWst ársframleiðslu eða um 90% aflstuðul. Vindorka í nýtingarflokki gæti komið inn á svipuðum tíma, Búrfellslundur með um 120 MW uppsett afl, orkugetumat 440 GWst og Blöndulundur með uppsett afl 100 MW og 350 GWst. Aflstuðull vindorkuveranna er metinn um 40%, sem er mjög hátt á heimsvísu og þætti gott fyrir vindorku á hafi.

Í töflu 20 má finna mat á mögulegri stöðu orkukerfisins árið 2030, miðað við þá orkukosti í nýtingarflokki rammaáætlunar sem eru komnir það langt á veg í undirbúningi að unnt sé að reikna með þeim.

**Tafla 20. Spá um mögulega orkuframleiðslu árið 2030.**

Orkukerfi	2021		Fyrirsjáanleg til 2030				Af heild	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	afl	Orka
Vatnsafl	2215	13802	363	834	2578	14636	62%	63%
Jarðhiti	799	5802	110	924	909	6726	22%	28%
Vindur	2	6	220	790	222	796	15%	9%
Eldsneyti	77	2			77	2	2%	0%
<b>Alls</b>	<b>3093</b>	<b>19610</b>	<b>693</b>	<b>2548</b>	<b>3786</b>	<b>22160</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
					122%	113%		

### 7.5.1. Sviðsmynd I; við nýtingarflokk rammaáætlunar bætist það sem verkefnisstjórn mælir með í nýtingu.

Í þessari sviðsmynd er gert ráð fyrir að Alþingi samþykki í nýtingarflokk það sem verkefnisstjórn um rammaáætlun hefur mælt með. Í töflu 21 má svo finna langtíamamat á nýtingarflokki rammaáætlunar. Þar er búið að bæta við raforkukostum sem fara í nýtingarflokk samþykki Alþingi óbreyttar tillögur verkefnisstjórnar um endurmatskosti. Að auki er gróflega metið hvað líklegt sé að raungerist úr rammaáætlun sem ný orkuöflun inn í kerfið. Varast ber að líta á þá jarðhitavirkjunarkosti sem eru í nýtingarflokki rammaáætlunar sem líklega viðbótarraforkuframleiðslu þar sem afkastageta auðlindarinnar er óviss áður en vinnsla hefst, og umsóknin hljóðar upp á hámark þess sem hún gæti skilað.

**Tafla 21. Líklegar viðbætur til lengri tíma (2035 +) miðað við núverandi nýtingarflokk rammaáætlunar og endurmatskosti sem verkefnisstjórn hefur mælt með í nýtingarflokk.**

Orkukerfi - án viðbótarvindorku			Líklegt úr Rammaáætlun				Af heild	
	2021		MW	GWh	MW	GWh	afl	Orka
	MW	GWh						

Vatnsafl	2215	13802	760	3586	2975	17388	69%	68%
Jarðhiti	799	5802	210	1744	1009	7546	24%	29%
Vindur	2	6	220	790	222	796	5%	3%
Eldsneyti	77	2			77	2	2%	0%
Alls	3093	19610	1190	6120	4283	25732	100%	100%
					138%	131%		

Rétt er að vekja athygli á því að 260–280 MW af viðbættu vatnsafla eru aflstækkarnir í neðri hluta Þjórsár, sem skila sáralítilli viðbótarorku inn á kerfið. Þessar aflstækkarnir eru hins vegar nauðsynlegar til að styðja við vindorku eins og nefnt hefur verið.

Sé orkuframboðið í töflu 22 borið saman við matið á orkuþörf í töflu 20 má sjá að nokkuð vantar upp á. Þó að eitthvað af hefðbundum orkukostum gæti bæst við nýtingarflokk rammaáætlunar í framtíðinni verður það líkast til óverulegt, þar sem flestir hagkvæmir stórir óvirkjaðir virkjunarkostir, aðallega vatnsvirkjanir, hafa þegar verið settir í verndarflokk. Einnig er ljóst að núverandi aðferðafræði við flokkun orkukosta, sem leggur höfuðáherslu á verndun náttúru og víðernis fjarri mannabyggð er ólíkleg til að skipa stórum vatnsaflsvirkjunum í nýtingarflokk. Eitthvað af jarðhita gæti bæst við nýtingarflokk, en reynslan sýnir að virkjun slíks kosts er ekki í hendi og mat á stærð auðlindar hvers virkjunarkosts samkvæmt umsókn er eðlilega ofmat, frekar en raunhæft mat, þar sem rannsóknir hafa ekki farið fram þegar verkefnið er lagt fyrir verkefnisstjórn. Því má reikna með því að meiri hluti þeirrar orkuöflunar sem út af stendur verði í formi vindorku.

Tafla 23 sýnir hvernig orkukerfi sem þjónar orkunotkun sem þarf til orkuskipta innan lands, miðað við tilfelli „Hugsanleg lending -“ og „Hugsanleg lending +“ úr töflu 20. Tafla 24 sýnir hvernig slíkt kerfi myndi líta út sé ætlunin að klára líka orkuskipti í millilandaflugi og -siglingum, til að eyða þeirri losun, m.a. þeirri sem fellur undir ETS-kerfið.

**Tafla 22. Orkukerfi sem þjónar orkuskiptum innan lands.**

Orkukerfi - með vindorku fyrir líklega innanlandspörf			Líklegt úr Rammaáætlun		Hugsanleg lending -		Hugsanleg lending +		Af heild	
	2021		MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	afl	Orka
Vatnsafl	2215	13802	760	3586	2975	17388	2975	17388	64%	65%
Jarðhiti	799	5802	210	1744	1009	7546	1009	7546	22%	28%
Vindur	2	6	220	790	219	787	570	1956	12%	7%



Eldsneyti	77	2			77	2	77	2	2%	0%
Alls	3093	19610	1190	6120	4280	25723	4631	26892	100%	100%
					138%	131%	150%	137%		

**Tafla 23. Orkukerfi sem auk orkuskipta innan lands fullnægir orkupörf til orkuskipta í millilandasiglingum og millilandaflugi.**

Orkukerfi - með vindorku fyrir ETS-lösun			Líklegt úr Rammaáætlun		Hugsanleg lending -		Hugsanleg lending +		Af heild	
	2021		MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	Orka
Vatnsafl	2215	13802	760	3586	2975	17388	2975	17388	38%	46%
Jarðhiti	799	5802	210	1744	1009	7546	1009	7546	13%	20%
Vindur	2	6	220	790	3488	11670	3789	12670	48%	34%
Eldsneyti	77	2	0	0	77	2	77	2	1%	0%
Alls	3093	19610	1190	6120	7549	36606	7850	37606	100%	100%
					144%	87%	254%	192%		

Hlutfall vindorku í töflu 23 yrði um 12% af uppsettu afli, sem er sambærilegt við núverandi 13% hlutfall vindorku í orkukerfi Norðmanna. Þetta svarar til um fimm vindorkuvera á borð við Búrfellslund eða þriggja verkefna til viðbótar við núverandi nýtingarflokk. Almennt má þróa vatnsafl til að jafna vindorku sem nemur 20–30% af uppsettu vatnsafl, svo reikna má með að hægt væri að jafna um 700 MW af uppsettu vatnsafl með ásættanlegum tilkostnaði. Því ætti að vera viðráðanlegt að tryggja jöfnunarafli til að styðja við þá vindorku sem þarf til orkuskipta innan lands, samkvæmt töflu 23, en þó er ljóst að því fylgir töluverður viðbótarkostnaður án þess að hægt sé að selja meiri orku. Það leiðir óhjákvæmilega til hækkunar alls raforkukostnaðar í landinu.

Til að ná orkuskiptum með ETS-hluta millilandastarfsemi, samkvæmt mati á orkupörf í töflu 20, þarf auk líklegs vatnsafls og jarðhita um 3800 MW uppsett afl af vindorku. Það er ígildi um 34 Búrfellslunda og um helmingur af uppsettu afli í landinu yrði vindorka. Fyrirsjáanlegt er að hefðbundnar virkjanir geta ekki stutt við svo hátt hlutfall breytilegs afli með fullnægjandi hætti, ekki síst þar sem þau 13% sem koma frá jarðhita eru óhjákvæmilega grunnafl og því innan við 40% af orkuöflun frá vatnsafl, sem stýra má milli ákveðinna marka. Því þyrftu kaupendur orkunnar að sætta sig við miklar sveiflur í framboði á afli. Væri farið að dæmi annarra þjóða, sem hafa veðjað á vind- og sólarorku, blasa gasorkuver við og jafnvel kolaorkuver til sveiflujöfnunar. Í því tilfalli er loftslagsávinningur vafasamur af framleiðslu innlands rafeldsneytis, auk þess sem það fengi ekki græna vottun.

Íslendingar hafa líka möguleika á því að setja upp dælingarlón á hálandum svæðum, þangað sem vatni er dælt þegar offramboð er af orku í kerfinu og það svo virkjað þegar raforku skortir. Þessi aðferð, sem á ensku kallast *pumped hydro*,

eða vatnsdæluvirkjanir, er í dag langhagkvæmasta leiðin til að geyma raforku, og sú eina sem hefur verið sett upp í einhverjum mæli erlendis. Samt sem áður þarf orkuverð á Íslandi að hækka verulega til að slík verkefni verði fýsileg. Einnig má leiða líkur að því að þær fagstofnanir sem meta umhverfisáhrif vatnsaflsvirkjana óásættanleg hafi sterkar skoðanir á náttúruinngripum sem myndu fylgja dælingarlónum. Aðrar aðferðir til að geyma orku, t.d. rafhlöður og rafeldsneyti, eru stærðargráðum dýrari og óraunhæft að þær verði hagkvæmar til að styðja við rafeldsneytisframleiðslu sem er einmitt í eðli sínu orkugeymsla.

### 7.5.2. Sviðsmynd II, ekki bætist við nýtingarflokk rammaáætlunar

Í þessari sviðsmynd er gert ráð fyrir að Alþingi samþykki ekki virkjunarkosti í neðri hluta Þjórsár auk Skrokköldu, og því minni vatnsorka og afl til fyrir orkuskiptin. Tafla 25 sýnir samsetningu orkukerfis til að mæta orkuskiptum innan lands.

**Tafla 24. Orkukerfi sem myndi þjóna orkuskiptum innan lands í Sviðsmynd II.**

Orkukerfi - með vindorku fyrir líklega innanlandspörf										
	2021		Í nýtingarfl. auk smávirðjuna		Hugsanleg lending -		Hugsanleg lending +		Af heild	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	afl	Orka
Vatnsafl	2215	13802	463	1654	2678	15456	2678	15456	56%	57%
Jarðhiti	799	5802	110	1744	909	7546	909	7546	19%	28%
Vindur	2	6	220	790	799	2719	1151	3888	24%	14%
Eldsneyti	77	2			77	2	77	2	2%	0%
Alls	3093	19610	793	4188	4463	25723	4815	26892	100%	100%
					144%	131%	156%	137%		

Það sem breytist frá sviðsmynd I er að gera má ráð fyrir yfir 1150 MW uppsettu afli vindorku, sem þá yrði um 24% af uppsettu afli í kerfinu. Það er ígildi um 10 Búrfellslunda. Það er umfram það sem fyrirsjáanleg er að vatnsaflskerfið geti fulljafnað með hagkvæmum hætti, svo þeir notendur orkunnar sem það geta þyrftu að sætta sig við ófyrirsjáanlegar skerðingar upp að ákveðnu marki. Það myndi auka kostnað í kerfinu og draga úr hagkvæmni rafeldsneytisframleiðslu og annars iðnaðar í landinu.

Hvað varðar ETS-starfsemi er vísað til umfjöllunar í kafla 7.3.1 nema hvað ígildi 39 Búrfellslunda bætast við uppbyggingarpörf, í stað 34 og því enn ósennilegra að unnt sé að mæta þeirri orkupörf.

### 7.5.3. Sviðsmynd III, orkuskipti innanlandsstarfsemi og samfélagsvöxtur

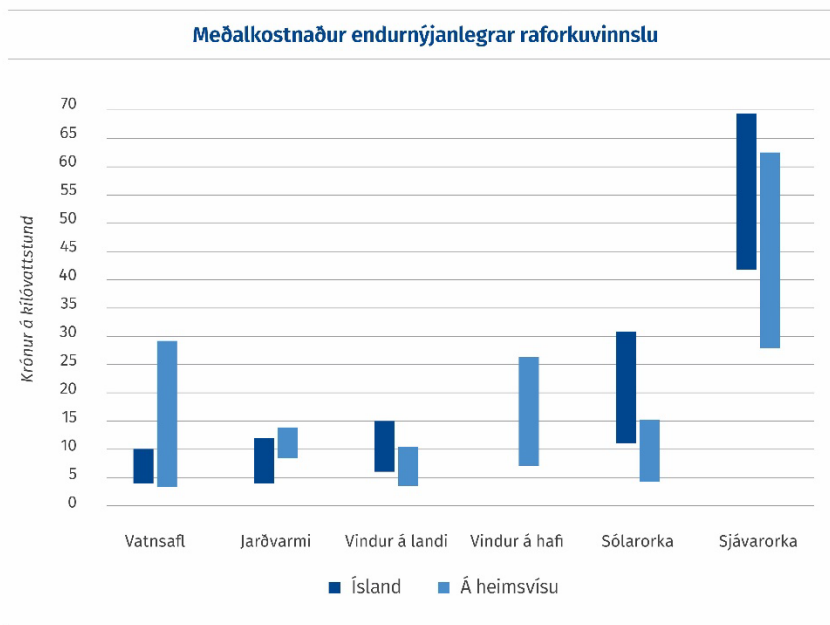
Líkt og nefnt var að framan er líklegt að væntanleg fólksfjölgun, framþróun stafrænnar tækni og önnur starfsemi muni valda aukinni orkunotkun á Íslandi. Nýútkomin raforkuspá Landsnets metur aukningu raforkunotkunar um 3 TWst

árið 2030 og 6 TWst árið 2040. Sé gert ráð fyrir að virkjunarkostirnir sem verkefnastjórn um rammaáætlun hefur lagt til í virkjunarflokk skili sér í nýtingarflokk, samanber Sviðsmynd I, töflu 23, þyrfti uppbyggingu á borð við þá sem sjá má í töflu 26 til að uppfylla þarfir hvorutveggja, samfélagsins og orkuskipta innan lands.

**Tafla 25. Mat á uppbyggingarþörf til að ná fullum orkuskiptum innan lands, auk vænts vaxtar samfélagsins.**

Orkukerfi - með vindorku fyrir líklega innanlandspörf fyrir orkuskipti og aðra starfsemi 2040										
	2021		Líklegt úr Rammaáætlun		Hugsanleg lending -		Hugsanleg lending +		Af heild	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	afl	Orka
Vatnsafl	2215	13802	760	3586	2975	17388	2975	17388	46%	53%
Jarðhiti	799	5802	210	1744	1009	7546	1009	7546	16%	23%
Vindur	2	6	220	790	1999	6713	2351	7882	37%	24%
Eldsneyti	77	2			77	2	77	2	1%	0%
<b>Alls</b>	<b>3093</b>	<b>19610</b>	<b>1190</b>	<b>6120</b>	<b>6060</b>	<b>31649</b>	<b>6412</b>	<b>32818</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
					196%	161%	207%	167%		

Ef afla á orku til að ná fullum orkuskiptum innan lands, auk þess að greiða götu eðlilegrar samfélagsþróunar með fólksfjölgun, tækniþróun og hagvexti, þyrfti auk líklegra orkukosta frá rammaáætlun að setja upp 2,3 GW af vindorku, sem er ígildi meira en 20 Búrfellslunda, og yrði vindorka þá um 37% af uppsettu afli í landinu. Það er töluvert umfram jöfnunargetu vatnsaflskerfisins, sem kallar á annaðhvort uppbyggingu varaafis, sem sennilega gengi fyrir eldsneyti, eða ófyrirsjáanlegar skerðingar á notendur. Þar sem þessi vindorkuuppbygging er komin töluvert yfir mörk þess sem vatnsaflskerfið ræður við að fulljafna yrði enn erfiðara að styðja við rafeldsneytisframleiðslu fyrir millilandastarfsemi, miðað við núverandi og fyrirsjáanlega tækniþróun.



**Mynd 17. Samanburður á meðalkostnaðarverði endurnýjanlegrar raforkuvinnslu á Íslandi og á heimsvísu.<sup>47</sup>**

#### 7.5.4. Sólarorka og sjávarföll

Í matinu í kafla 7.5 er gert ráð fyrir töluverðu auknu framboði frá smávirkjunum. Ekki er reiknað með sólarorku, þar sem hún er í dag ósamkeppnishæf við íslenskar aðstæður, nema fyrir notendur sem eru fjarri flutnings- og dreifikerfi raforku. Þótt sólarsellur hafi lækkað mikið í verði er 8–9% mögulegur meðalafkastastuðull sólarorku hér á landi ávísun á slaka nýtingu. Sólarorkan skilar afli á sumrin þegar afkastageta vatnsaflsvirkjana er í hámarki en orkueftirspurn í lágmarki, og gjarnan mest á sólríkum tímabilum með mikilli bráðnun snjós og jökla. Þegar þannig háttar til streymir vatn sem ekki verður fangað með miðlun fram hjá vélum vatnsaflsvirkjana og orka tapast til sjávar. Við slíkar tímabundnar aðstæður er gjarnan það mikið raforkuframboð að kerfið getur ekki tekið við því öllu. Að sama skapi skilar sólarorkan nánast engu afli yfir vetrarmánuðina þegar afköst vatnsaflsvirkjana eru minnst og orkueftirspurn mest, en þá kæmi hún að mestu gagni. Að þessu leyti er sólarorka frábrugðin vindorku, sem skilar að jafnaði meira afli að vetri en sumri, og skapar þannig ákveðið mótvægi við vatnsafl.

<sup>47</sup> Sjá [www.orkuskipti.is](http://www.orkuskipti.is)

Það er mat starfshópsins að sólarorka henti almennt ekki sérstaklega vel í íslenska raforkukerfinu eins og það er samsett. Talsvert dýrt yrði að útvega jöfnunar afl og þá dýrara en í tilviki vindorku. Af þessum sökum er ekki gert ráð fyrir verulegu framlagi sólarorku til að knýja orkuskiptin hér á landi. Þó gætu ýmsar sértækar aðstæður verið hentugar fyrir sólarorku hér á landi undir uppsetningu sólarorkuvera, m.a. á svæðum sem ekki eru tengd við raforkukerfið, eins og Grímsey og Flatey, en hærra orkuverð þar þýðir að endurgreiðslutíminn er styttri en á öðrum svæðum. Einnig gæti sólarorka verið hentug fyrir virka notendur til að nýta sem eigin framleiðslu og jafnvel selt inn á kerfið. Þá hentar sólarorka með rafhlöðum þrýðilega fyrir byggingar og tæki á afskekktum stöðum, sem ekki eru tengd dreifikerfi, sérstaklega ef notkun er mest á sumrin.

Hvað varðar virkjun sjávarfalla, ölduorku o.fl. er sú orkuöflun enn á tilraunastigi, og verkefni unnin áfram með styrkfé. Vonandi munu aðferðir til að virkja sjávarföll og strauma þroskast og verða hagkvæmur hluti af framtíðarorkukerfi landsins, en varasamt er að gera ráð fyrir framlagi frá sjávarorku á næstu áratugum inn í orkuskipti á Íslandi.

Það er full ástæða til að fara vel með þá orku sem aflað er þannig að orkusparnaður er mikilvægur. Í þessari vinnu höfum við ekki horft til fyrirsjáanlegrar aukningar í orkueftirspurn vegna fólksfjölgunar, þarfa gagnavera til að styðja við gervigreind og ýmiss konar grænan iðnað sem er háður aðgengi að vistvænni orku. Því telur starfshópurinn ekki rétt að reikna með að orkueftirspurn í landinu muni minnka í heild samfara bættum árangri í orkusparnaði.

#### **7.5.5. Ný raforka tryggð til orkuskipta?**

Orkuöflun fyrir sviðsmyndirnar, sem sýndar eru í töflu 22 og ná yfir orkuskipti innan lands, virðist ekki óraunhæf miðað við það sem líklegt er að verði í nýtingarflokki rammaáætlunar. Sú sviðsmynd krefst þó þess að byggð verði upp um 570 MW af vindorku sem er jafngildi um fimm vindorkuvera á stærð við Búrfellslund. Ef marka má deilur um virkjun vatnsafls er ekki ósennilegt að almenningur og hagsmunaaðilar hafi skoðun á vindorkuverum, sem eru mun meira áberandi í umhverfinu en hefðbundnar virkjanir og munu sjást langt að í hinu opna íslenska landslagi. Því er mikilvægt að vel verði staðið að uppbyggingu vindorku á Íslandi, og að valin verði verkefni sem ekki eru of íþyngjandi fyrir nærsamfélög eða almenna umferð nálægt orkunýtingarsvæðum. Gæta verður vel að samfélagssátt um vindorku svo þróun vindorku stöðvist ekki eftir fyrsta verkefni.

Það er mat starfshópsins að það sé líkast til óraunhæft að sviðsmyndin í töflu 23, sem gerir ráð fyrir tvöföldun orkuöflunar til að styðja við full orkuskipti í

millilandaflugi og siglingum, verði að veruleika. Nýtingarflokkur rammaáætlunar, ásamt virkjunarkostum sem verkefnisstjórn hefur lagt til í nýtingu og líklegu framlagi smávirkjana, gæti skilað ríflega 5 TWst á ári af nýrri raforku með vatnsafl og jarðhita inn í kerfið. Afgangurinn, um 13 TWst, þyrfti að kom frá vindorku, sem myndi krefjast meira en 30 vindorkuvera á stærð við Búrfellslund. Að auki þyrfti að mæta þeirri áskorun að jafna út sveiflur í afli.

Ef það er stefna stjórnvalda að ná orkuskiptum til langframa í ETS-losun vegna millilandaflugs og -siglinga væri rétt að horfa til annarra leiða til orkuöflunar, á borð við vatnsafl í biðflokki rammaáætlunar.

### 7.5.6. Fýsileiki þess að forgangsraða núverandi orku til rafeldsneytisframleiðslu í stað álvera

Tilgangur orkuskipta er að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og vinna þar með gegn loftslagsbreytingum. Því skiptir máli að nýta þá orku sem aflað er með sem skilvirkustum hætti.

Stóriðja notar í dag um 77% af þeirri raforku sem framleidd er á Íslandi, þar af álver um 70%. Í umræðunni koma gjarnan fram sjónarmið um að loka mætti álverum og ráðstafa orkunni í orkuskipti. Sé horft fram hjá langtímasamningum, samfélagsáhrifum og efnahagslegum afleiðingum slíkra ákvarðana má setja upp sviðsmynd til að varpa ljósi á loftslagsáhrifin.

Álið sem framleitt er á Íslandi er notað í Evrópu. Evrópskur iðnaður notar í dag um 10 milljónir tonna af áli og er um helmingur þess endurunnið ál.<sup>48</sup> Um helmingur af því sem út af stendur er framleitt innan Evrópu, aðallega í Noregi og á Íslandi, og annað er innflutt, fyrst og fremst frá Mið-Austurlöndum, þar sem innflutningur frá Rússlandi hefur dregist mjög saman. Þótt ál henti mjög vel til endurvinnslu er það gjarnan notað í hluti sem endast lengi, jafnvel í áratugi, svo það tekur tíma fyrir það að skila sér aftur í endurvinnslu. Alltaf mun þó verða þörf á frumframleiddum málmi, því til að framleiða sum melmi þarf að blanda endurbræddan málm með nýjum, til að fá fram þá samsetningu sem gefur nauðsynlega eiginleika.

Að auki flytur Evrópa inn um 2,5 milljónir tonna af milliafurðum á borð við álramma og -plötur, frá löndum eins og Kína sem byggir sína álframleiðslu mikið til á kolaorku. Félli framboð áls frá Íslandi niður yrði því væntanlega mætt með framleiðsluaukningu í Mið-Austurlöndum, sem nýtir rafmagn frá gasorkuverum, eða auknum innflutningi á milliafurðum frá Kína.

---

<sup>48</sup> Global Aluminium Cycle 2023, <https://alucycle.international-aluminium.org/public-access/public-global-cycle/>

Því má reikna með því að það ál sem framleitt er á Íslandi, með endurnýjanlegri orku, spari sem svarar þeirri losun sem fylgja myndi framleiðslu á sama magni af orku, annaðhvort með jarðgasi, að meðaltali 0,48 tCO<sub>2e</sub>/MWh<sup>49</sup> eða meðal orkublöndu á heimsvísu sem notuð er við álframleiðslu í dag, 0,67 tCO<sub>2e</sub>/MWh.<sup>50</sup>

Nefnt hefur verið að 500 kg af grænu vetni sem kemur í stað bensíns spari um 4,3 tonn af losun CO<sub>2</sub>. Sambærilegir útreikningar sýna að ef raforkan sem þarf til að framleiða 500 kg af vetni yrði í staðinn notuð til að knýja rafbíl beint yrði samdráttur í losun um 18,2 tonn af CO<sub>2</sub>.

Yrði þessi sama raforka notuð til að framleiða ál í stað áls sem er framleitt með meðal-orkublöndunni til álframleiðslu í heiminum í dag yrði sparnaður í losun um 18,6 tonn af CO<sub>2</sub>, svipað og ávinningur af notkun rafbíls, en ef aðeins er miðað við ál framleitt með jarðgasi yrði sparnaðurinn 13,3 tonn af CO<sub>2</sub>.

Sé horft fram hjá rafmyntargreftri má gera sambærilega útreikninga fyrir gagnaver sem veita almenna rafræna þjónustu. Þær niðurstöður eru háðarsamsetningu raforkuframleiðslu annarra svæða sem bjóða tækifæri til uppbyggingar.

Þessi samanburður sýnir að loftslagsávinningur á hverja MWst af endurnýjanlegri raforku ræðst af því hvernig raforkan er notuð. Ef raforkan er notuð beint til að framkvæma vinnu, eða kemur í staðinn fyrir raforku frá jarðefnaeldsneyti, á Íslandi eða erlendis, er loftslagsávinningurinn alltaf meiri en við framleiðslu rafeldsneytis sem koma skal í stað jarðefnaeldsneytis. Ástæðan er fyrst og fremst að töpin við þá framleiðslu margfaldast saman við hvert skref framleiðsluferlis, meðhöndlunar og notkunar, og á endanum verður nýtileg orka frá rafeldsneytinu fremur lítill hluti raforkunnar sem notuð var.

Þó breyttar aðstæður í fyllingu tímans geti leitt til breytinga á samsetningu iðnaðar er það er ekki góð loftslagsstefna að hverfa frá raforkunotkun sem skilar miklum loftslagsávinningi í þágu orkunotkunar sem skilar mun minni ávinningi. Yrði öllum álverum á Íslandi lokað til að losa raforku í þágu rafeldsneytisframleiðslu yrði losun vegna framleiðslu álsins sem evrópsku iðnfyrirtækin útveguðu í staðinn 6,5–9,2 milljónum tonna af CO<sub>2</sub> hærri en vegna álsins frá Íslandi, eftir því hvort gert er ráð fyrir raforku frá jarðgasi eða meðalorkusamsetningu til álframleiðslu í heiminum í dag. Rafeldsneytið sem framleitt yrði í staðinn gæti sparað um 2,1 milljón tonna frá brennslu jarðefnaeldsneytis, eða um 65% af losun landsins vegna bruna á jarðefnaeldsneyti, með millilandastarfsemi, árið 2018, skv. töflu 19.

---

<sup>49</sup> Primary Aluminium Smelting Power Consumption, <https://international-aluminium.org/>

<sup>50</sup> Guðrún Sævarsdóttir, Halvor Kvande og Þórður Magnússon: „Reducing the Carbon Footprint: Primary Production of Aluminum and Silicon with Changing Energy Systems“.

Þessi ráðstöfun myndi því valda aukningu í heimslosun sem svarar þre- til fimmfaldri þeirri losun sem myndi sparast vegna eldsneytisbrunans.

## 7.6. Rafeldsneyti í lykilhlutverki

Hvort sem Íslendingar tryggja millilandaflugi og -siglingum innlent rafeldsneyti að öllu leyti eða að hluta þarf að taka fyrstu skrefin í þessari framleiðslu sé ætlunin að ná orkuskiptum innan lands í fyllingu tímans. Rafeldsneytis verður þörf innan lands að einhverju marki.

Fyrir hendi eru áskoranir sem tengjast fjármögnun verkefna og uppbyggingu markaðs- og reglugerðaumhverfis þannig að það geti stutt við rafeldsneytisframleiðslu. Bæði austan hafs og vestan hafa verið byggð upp kerfi til að ívilna rafeldsneytisframleiðslu. Verkefni á Íslandi geta sótt í stuðningsumhverfi Evrópusambandsins til að styðja við uppbyggingu framleiðslugetu, en líklegt er að einhver innlendur stuðningur þurfi að koma til svo að af uppbyggingu orkuöflunar verði, sérstaklega ef einkaaðilar eiga að komast af stað við vindorkuverkefni.

Forsenda vindorkuuppbyggingar er að virkur markaður myndist með jöfnunarorku, t.d. með því að Landsvirkjun setti upp og byði út t.d. 10 MW jöfnunarpakka, sem kalla mætti „Sýndarvirkjanir“, með ~60% aflstuðli, til jöfnunar á móti vindorku með ~40% aflstuðli, án þess að orka fylgi með í kaupunum.<sup>51</sup>

Þá gæti vindorkuverið selt 10 MW fulljöfnuð fyrir tilstilli jöfnunarpakkans, frá 25 MW vindorkuveri.

Svo færi eftir því hversu miklar sveiflur viðskiptavinurinn þolir hve stórt vindorkuver hver sýndarvirkjun getur stutt við. Þurfi viðskiptavinurinn 100% afhendingaröryggi þyrfti fjórar slíkar sýndarvirkjanir til að styðja við 100 MW vindorkuver. Þoli viðskiptavinurinn að fara niður í 50% afköst duga tvær sýndarvirkjanir.

---

<sup>51</sup> Þessi hugmynd er að hluta byggð á franskrri fyrirmynd, þar sem ríkisorkufyrirtækið Électricité de France (EDF), sem er nánast í einokunarstöðu, tók á sig ákveðnar skyldur til að styðja við myndun raunverulegs orkumarkaðar.



### Vindorka

Vindorka er breytilegur orkugjafi og aðrar virkjanir þarf til að jafna orkuframleiðslu vindorkuvera þegar framleiðslan fellur niður svo unnt sé að sinna orkuþörf viðskiptavina, nema þeir geti tekið á sig ófyrirsjáanlegar skerðingar. Takmörk eru á því hversu mikið er hægt að auka aflgetu þeirra vatnsaflsvirkjana sem eru fyrir hendi, með viðráðanlegum kostnaði. Það setur því skorður hve mikilli vindorku kerfið getur tekið við, nema viðskiptavinir séu tilbúnir að taka á sig miklar og ófyrirsjáanlegar skerðingar í afhendingu afls.

Sé vilji til að auka þátt vindorku í kerfinu umfram það sem vatnsaflskerfið ræður við að jafna er líklegt að það kalli á gasorkuver eða aðrar varaafsstöðvar til þrautavara. Leiðir á borð við vatnsdæluvirkjanir, sem geyma orku til jöfnunar, eru töluvert dýrari og myndu krefjast leyfisveitinga, sambærilegra við vatnsaflsvirkjanir í dag. Í löndunum í kringum okkur kemur afl sem þarf til jöfnunar á móti vindi og sól aðallega frá gasorkuverum og jafnvel kolaorkuverum.

## 7.7 Niðurstöður og tillögur

Til þess að þjóna orkuskiptum í núverandi starfsemi sem fellur undir innanlandslosun þyrfti að auka orkuframleiðslu um 30–37% og uppsett afl um 40–50%. Þetta myndi, auk orkukosta sem eru líklegir úr rammaáætlun, fela í sér vindorkuuppbyggingu sem svarar til 200–600 MW af uppsettu afl, eða allt að fimm vindorkuver af svipaðri stærð og Búrfellslundur. Þá yrði vindorka allt að 12% af uppsettu afl í raforkukerfinu, sem ætti að vera viðráðanlegt ef aflaukningu vatnsaflsvirkjana og styrkingu flutningskerfisins yrði sinnt samhliða.

Ef vilji er til að þjóna orkuskiptum í millilandaflugi og -siglingum þyrfti mun meira til, um tvöföldun orkuöflunar og 150% aukningu uppsetts afls, þar af um 3,5–3,8 GW af uppsettu vindafl, sem er ígildi rúmlega 30 Búrfellslunda og margfalt það magn breytilegs jöfnunarafls sem núverandi kerfi getur lagað sig að. Svo stórfelld uppbygging er því eingöngu möguleg ef notendur orkunnar geta sætt sig við miklar og lítt fyrirsjáanlegar aflskerðingar, að því gefnu að ekki sé vilji til að byggja upp varaafli með jarðefnaeldsneyti.

Einnig þarf að huga að þróun samfélagsins, fólksfjölgun og tækniþróun, en samkvæmt raforkuspá Landsnets má reikna með aukinni orkueftirspurn samfélags og atvinnulífs upp á 3 TWst á ári árið 2030, og um 6 TWst árið 2040. Yrði þeirri orkuþörf svarað með vindorkuuppbyggingu myndi það bæta við um 15 Búrfellslundum við sviðsmyndirnar hér að ofan. Orkuskiptin innan lands yrðu þá samfara 20 vindorkuverum á borð við Búrfellslund, og þau yrðu 50 ef rafeldsneyti fyrir millilandastarfsemi yrði framleitt hér á landi.

Raforkukerfið íslenska ætti með góðu móti að geta aðlagast því að fulljafna um 700 MW uppsettu afl vindorku, en eftir því sem bætt er við sveifluorku umfram það er erfiðara og dýrara fyrir kerfið að aðlagast. Eftir því sem vatnsafl eykst í

kerfinu, þeim mun meiri vindorku getur kerfið jafnað án þess að notendur þurfi að taka á sig ófyrirsjáanlegar skerðingar. Að mati starfshópsins er því forsenda orkuskipta að sem mest viðbótar vatnsafl bætist við kerfið.

Fyrirsjáanlega hefði uppbygging af þessu tagi mikil áhrif, ekki aðeins á umhverfi landsmanna heldur líka á umræðu og afstöðu þeirra til innviðaframkvæmda í orkugeiranum, í þeim mæli sem um ræðir.

Auk framangreindra niðurstaðna gerir starfshópurinn eftirfarandi tillögur:

1. Hægt hefur á rafbílavæðingu en ljóst er að hlutfall rafbíla þarf að hækka mikið til að ná markmiðum um orkuskipti. Starfshópurinn leggur því til að hvatar til kaupa á rafbílum verði teknir til endurskoðunar.
2. Stjórnvöld vinni markvisst að því að fá viðurkenningu Evrópusambandsins á því að losun CO<sub>2</sub> frá íslenskum jarðhitavirkjunum teljist ekki til samfélagslosunar og geti þannig nýst til framleiðslu endurnýjanlegs rafeldsneytis.
3. Lagt verði mat á fýsileika opinbers stuðnings við rafeldsneytisframleiðslu en líklegt er að einhver innlendir stuðningur þurfi að koma til.
4. Forsenda vindorkuuppbyggingar er að virkur markaður myndist með jöfnunarorku. Starfshópurinn leggur því til að tekið verði til skoðunar að Landsvirkjun setji upp og bjóði út t.d. 10 MW jöfnunarpakka, sem kalla mætti „Sýndarvirkjanir“, með ~60% aflstuðli, til jöfnunar á móti vindorku með ~40% aflstuðli, án þess að orka fylgi með í kaupunum, sem gæti hentað til að jafna 25 MW uppsett afl vindorku.



## 8. Orkuskiptaáætlun

### 8.1 Tvískipt áætlun um orkuskipti

Í þessum 8. kafla og í 9. kafla leggur starfshópurinn fram efni til fyrstu áætlunar um full orkuskipti. Vinnu við hana, að mati hópsins, þarf að hefja eins fljótt á árinu 2025 og auðið er. Slíka áætlun er hægt að vinna allnákvæmlega fyrir árin til 2030 en fyrir tímabilið 2030–2040 kristallast áætlunin í samræmi við þróun orkuskipta á alþjóðavettvangi. Inntak orkuskipta fram til 2030, og einnig í stærra skrefinu til 2040, kallast á við nýja aðgerðaáætlun í loftslagsmálum og þar með við losunarmarkmið Íslands. Meginþungi orkuskipta fram til 2030 verður hafður á samgöngur á vegum (flokkur 1) og sjávarútveg, vélanotkun í smáðnaði og landbúnaði, auk húshitunar o.fl. (flokkur 2).

### 8.2. Verkefnið í hnotskurn

Innanlandsnotkun jarðefnaeldsneytis, á beinni ábyrgð Íslands, má gróflega skipta í tvo meginflokka: (1) Vegasamgöngur, (2) Skip og annað. Innanlandsnotkun hefur minnkað úr rúmum 611.000 tonnum árið 2005 í um 490.000 tonn árið 2024. Miðað við losun jarðefnaeldsneytis stæði Ísland við losunarmarkmið varðandi olíunotkun með því að minnka notkunina um u.þ.b. 140.000 tonn í um 367.000 tonn á ári fyrir 2030. Unnt er að fasa út um 50.000 tonnum af olíu í flokki 2, m.a. með aðgerðunum húshitun, iðnaði, tækjum og bættri orkunýtni við fiskveiðar. Enn fleiri tonnum má fækka með íblöndun allt að 10% í þessum flokkum. Um 90.000 tonna minni notkun olíu í flokki 1 næðist með rafvæðingu ökutækja, bættri orkunýtni og breyttum ferðavenjum, auk hærra hlutfalls íblöndunar í bílaeldsneyti (10%).

Miðað við núverandi innflutning á olíu og innanlandsnotkun þyrfti svo að fasa út a.m.k. 360.000 tonna árlegri notkun frá 2030 að telja til 2040, eða lengur ef aðstæður krefja.

Samhliða aðgerðum vegna innanlandslosunar verður einnig að fasa út nokkur hundruð þúsund tonnum af olíu á ári sem falla undir sameiginleg eða alþjóðleg losunarkerfi eða samninga, þ.e. vegna losunar kolefniseininga í millilandaflugi og siglingum á höfum úti, en sá samdráttur er á ábyrgð þeirra fyrirtækja sem um ræðir en ekki Íslenskra stjórnvalda.

### 8.3. Tvíþætt markmið orkuskipta

Nokkuð góðar líkur eru á að markmið orkuskipta fyrir 2030 náist, sér í lagi ef rafvæðing bílaflotans tekur við sér af krafti, en afar erfitt er að sjá fyrir hver tækni- og fjárhagsleg þróun orkuskipta verður á áratugnum þar á eftir, til 2040. Eðli aðgerða og röðun þeirra í framtíðaráætlun áratugarins, og fjármögnun

orkuskipta, skýrist með sérhverri endurskoðun fyrstu tímasettu aðgerðaáætlunarinnar. Öll helstu samtök í atvinnulífi landsins hafa sett sér loftslagsstefnu og/eða stefnu í orkuskiptum og sum einnig aðgerðaáætlun og/eða vegvísi þar að lútandi. Af því leiðir að samvinna á milli ríkis, sveitarfélaga og fyrirtækja og stofnana er áriðandi við gerð endurskoðaðar áætlunar um orkuskipti.

Í þessari skýrslu verður af þessum sökum ekki unnt að leggja fram fyrstu drög að **tímasettri** áætlun fram til 2040. Miðað við umfang verkefna í skipunarbréfi starfshópsins og fjölda tímaháðra úrlausnarefna við gerð styttri áætlunar verður heldur ekki lögð fram **tímasett** áætlun um orkuskiptin fram til 2030. Þess í stað birtast í skýrslunni staðreyndir, niðurstöður greininga og safn upplýsinga, ásamt beinum tillögum að verkefnum stjórnvalda, sveitarfélaga og ríkisfyrirtækja, sem geta myndað grunn að fyrstu tímasettu áætlun um orkuskipti Íslands og marka ramma að áætluninni.

Í kaflanum setur starfshópurinn fyrst fram grunnniðurstöðu skýrslunnar, úr 7. kafla hennar. Það er sú mynd sem blasir við þegar staða orkumála er tengd við eftirspurn raforku á mörgum næstu árum (sjá 8.2). Hún markast af þeirri orkuþörf sem fræðilega þarf til þess að innleiða endurnýjanlega orkugjafa í stað olíuættaðra. Myndin er tvíþætt. Hluti hennar er af mynd af vegferðinni sem blasir við ef orkuskipti eiga að fara fram miðað við innanlandslosun fram til 2030. Hinn hlutinn er mynd af frumdrögum ásýndar orkuinnviða ef miðað er við að sinna fullum orkuskiptum í millilandaflugi og -siglingum.

#### 8.4. Grunnniðurstaða – orkueftirspurn/orkuþörf

Til þess að þjóna orkuskiptum í núverandi starfsemi sem fellur undir innanlandslosun þyrfti að auka orkuframleiðslu um 30–37% og uppsett afl um 40–50%. Þetta myndi, auk orkukosta sem líklegir eru úr rammaáætlun, fela í sér vindorkuuppbyggingu sem svarar til 200–600 MW af uppsettu afli, eða allt að 5 vindorkuver af svipaðri stærð og Búrfellslundur. Þá yrði vindorka allt að 12% af uppsettu afli í raforkukerfinu, sem ætti að vera viðráðanlegt ef aflaukningu vatnsaflsvirkjana og styrkingu flutningskerfisins yrði sinnt samhliða. Jöfnunar afl, allt að 250 MW af breytilegu afli, þyrfti að vera fyrir hendi í kerfi vatnsaflsvirkjana.

Ef vilji er til að þjóna orkuskiptum í millilandaflugi og -siglingum, þyrfti mun meira til; um tvöföldun orkuöflunar og 150% aukningu uppsetts afli, þar af um 3,5–3,8 GW af uppsettu vindafla, sem er ígildi rúmlega 30 Búrfellslunda, og margfalt það magn breytilegs jöfnunarafli sem núverandi kerfi getur lagað sig að. Svo stórfelld uppbygging er eingöngu möguleg ef notendur orkunnar geta sætt sig við miklar og lítt fyrirsjáanlegar aflikerðingar, að því gefnu að ekki sé vilji til að byggja upp varaafli með jarðefnaeldsneyti. Fyrirsjáanlega hefði uppbygging af þessu tagi mikil



áhrif, ekki aðeins á umhverfi landsmanna heldur líka á umræðu og afstöðu þeirra til innviðaframkvæmda í orkugeiranum, í þeim mæli sem um ræðir.

### 8.3. Tillögur í ramma að orkuskiptaáætlun

Starfshópurinn leggur hér líka fram þær tillögur sem fylgja 2. kafla skýrslunnar. Þær mynda hluta af fyrrgreindum ramma að orkuskiptaáætlun og eru meðal mikilvægra forsendna þegar vinna er hafin við undirbúning og gerð tímasettrar orkuskiptaáætlunar. Aðrar niðurstöður og tillögur starfshópsins er að finna í lok hvers skýrslukafla (2.–7.kafla).

Til hægðarauka birtast þær allar einnig hér á eftir, í 9. kafla skýrslunnar. Í heild eru þær framlag starfshópsins til áriðandi vinnu við gerð fyrstu áætlunarinnar til fullra orkuskipta.

Niðurstöður og tillögur úr kafla 2 má draga saman sem eftirfarandi tillögur að verkefnum til úrlausnar – sem hluta af ramma að áætlun um full orkuskipti.

1. Reglulegt endurmat fari fram á nýrri aðgerðaáætlun í orkuskiptum ásamt aðlögun að þróun orkuframleiðslu, orkuflutnings og orkutækni. Um leið verði metið hvort full orkuskipti náist 2040 eða síðar, og þá hvenær.
2. Markmið um full orkuskipti verði lögfest.
3. Endurmetin aðgerðaáætlun um orkuskipti verði jafnan samþætt innlendra aðgerðaáætlun í loftslagsmálum.
4. Skoðað verði hvernig samhæfa megí uppbyggingu hringrásarhagkerfis og aðgerðir vegna orkuskipta.
5. Samhliða orkuskiptum verði þess gætt að endurnýjanleg orka fái til græns iðnaðar og matvælaframleiðslu ásamt nýsköpunarverkefnum sem eiga við hringrásarhagkerfi.
6. Metið verði í samhengi við aðgerðir í loftslagsmálum hvort skýra þurfi lög og reglur um hagræna hvata kolefnisbindingar, vottun hennar og mælanleika í alþjóðlegu umhverfi.
7. Lögð verði fram markmið um kolefnisbindingu með ólíkum aðferðum.



## 9. Samandregnar tillögur

Hér fara á eftir niðurstöður og tillögur úr köflum 2–7. Þær eru efni í grunn að fyrstu aðgerðaáætlun í orkuskiptum, verkefni, ýmist á formi niðurstöðu eða sem tillaga um aðgerð.

1. Reglulegt endurmat fari fram á nýrri aðgerðaáætlun í orkuskiptum ásamt aðlögun að þróun orkuframleiðslu, orkuflutnings og orkutækni. Um leið verði metið hvort full orkuskipti náist 2040 eða síðar, og þá hvenær.
2. Markmið um full orkuskipti verði lögfest.
3. Endurmetin aðgerðaáætlun um orkuskipti verði jafnan samþætt innlendri aðgerðaáætlun í loftslagsmálum.
4. Skoðað verði hvernig samhæfa megji uppbyggingu hringrásarhagkerfis og aðgerðir vegna orkuskipta.
5. Samhliða orkuskiptum verði þess gætt að endurnýjanleg orka fái til græns iðnaðar og matvælaframleiðslu ásamt nýsköpunarverkefnum sem eiga við hringrásarhagkerfi.
6. Metið verði í samhengi við aðgerðir í loftslagsmálum hvort skýra þurfi lög og reglur um hagræna hvata kolefnisbindingar, vottun hennar og mælanleika í alþjóðlegu umhverfi.
7. Lögð verði fram markmið um kolefnisbindingu með ólíkum aðferðum.
8. Við vinnu verkefnisstjórnar sérhvers áfanga rammaáætlunar ber að taka skýrt tillit til hagkvæmni og samfélagslegra þátta virkjunarkosta, ekki síður en umhverfisþátta enda í samræmi við sjálfbæra orkustefnu, m.a. með vistkerfisnálgun, LCOE-greiningu og greiningu á fyrirhugaðri notkun raforku frá virkjunarkostum, auk tengikostnaðar.
9. Greining á fyrirhugaðri nýtingu raforku frá ólíkum orkukostum þarf m.a. að leiða í ljós að hve miklu marki framleidd raforka nýtist til kolefnishlutleysis eða orkuskipta, að greindar orkuskiptaáðgerðir séu í samræmi við þarfir samfélagsins og getu til að nýta þær miðað við tæknilegar forsendur orkuskiptanna.
10. Flýta verður lausn á skiptingu tekna af raforkuframleiðslu, raforkuflutningi og raforkudreifingu á milli ríkis og sveitarfélaga og lagasetningu þar að lútandi.
11. Taka ber tillit til þess að framlag mögulegra jarðvarmavirkjana á Reykjanesskaga, samkvæmt nýtingarflokki rammaáætlunar, er væntanlega miklum mun minni en gert er ráð fyrir, vegna óvissu um öryggi og framleiðslugetu, þar eð virkjanirnar eru í eldstöðvakerfum þar sem langt óróatímabil er væntanlega nýhafið.
12. Endurskoða ætti stöðu smávirjkjana, allt að 9,9 MW, í lögum um rammaáætlun, í ljósi sjálfbærni og umhverfisáhrifa þeirra stærri, ásamt



- því að skýra hvernig möguleg aflaukning virkjana nálægt 10 MW getur farið fram.
13. Flýta verður endurskoðun á lögum um rammaáætlun. Lögin þurfa að ramma betur inn grunninn að vinnu faghópa og skiptingu orkukosta í flokka og styrkja tengingu rammaáætlunar við sjálfbæra orkustefnu og aðra opinbera stefnumörkun er varðar framkvæmd markaðrar orkustefnu.
  14. Flýta þarf vinnu við endurskoðun leyfisferla í því augnamiði að gæta að kröfum sjálfbærni við ákvarðanir um skiptingu virkjunarkosta í flokka rammaáætlunar. Fagleg kærufjerli eiga að vera skilvirkari, aðkoma hagaðila skýr og gögn til verkefnisstjórnar berist sem altækust áður en fagvinna hefst.
  15. Kanna þarf með hvaða hætti er unnt að sjá til þess að fagleg vinna úr áföngum rammaáætlunar nýtist í ferli leyfisveitinga, einkum hvað varðar mat á umhverfisáhrifum.
  16. Greiða ætti fyrir því að notendur geti gerst virkir viðskiptavinir og stofnað til orkusamfélaga með innleiðingu hvata til að gefa notendum færi á beinni þátttöku í orkuskiptum og jafnframt að njóta ávinnings af þeim.
  17. Kannað verði hvort skilgreina ætti mikilvæga orkuskiptainviði og þeim veittur forgangur í leyfisveitingaferlinu.
  18. Ferli leyfisveitinga verði endurskoðað í þeim tilgangi að samþætta frekar málsmeðferð umhverfismats og leyfisveitinga.
  19. Skoðað verði hvort fela eigi leyfisveitanda að vinna rökstudda niðurstöðu um umhverfismat sem verði þá hluti ákvörðunar um leyfi.
  20. Endurskoðað verði hvaða leyfi teljist framkvæmdaleyfi samkvæmt lögum um umhverfismat framkvæmda og áætlana, nr. 111/2021.
  21. Leitast verði við, eins og unnt er, að fækka leyfum með því að sameina mismunandi tegundir leyfa í eitt leyfi.
  22. Greint verði hvort og með hvaða hætti vistkerfisnálgun hefur nú áhrif á ferli rammaáætlunar, umhverfismats og leyfisveitinga, m.a. samhliða endurskoðun á virkni rammaáætlunar og samkvæmt reynslu af henni.
  23. Greint verði við endurskoðun leyfisferla hvernig megi flétta vistkerfisnálgun þéttar en nú er inn í verkferla ,allt frá leyfisveitingum og hönnunarstigi til framkvæmda og förgunar mannvirkja.
  24. Greina verði hvata sem stuðlað geti að innleiðingu vistkerfisnálgunar í orkumálin.
  25. Tryggja þarf að efnahagslegir hvatar séu til staðar fyrir íbúa til þess að stýra sinni raforkunotkun heima fyrir, lýsingu, notkun heimilistækja, snjalltækjum og virkjun gervigreindar.

26. Þar sem nokkuð mörg landsvæði geta ekki nýtt jarðvarma til húshitunar, eða mjög takmarkað, þarf að þróa nýtt styrkjakerfi vegna fjárfestinga til húshitunar með því markmiði að leysa af hólmi niðurgreiðslukerfi stjórnvalda.
27. Endurskoða verður regluverk um stuðningskerfi í ylrækt með það að markmiði að bæta orkunýtni og draga úr sóun, þ.m.t. beingreiðslur vegna flutnings- og dreifikostnaðar og einnig viðmiðunarmörk sem nú eru 100 MWst á ári.
28. Leggja þarf fram meiri fjármuni til þess að draga úr flutningstöpum í kerfi Landsnets í samræmi við þá sviðsmynd fyrirtækisins sem lengst gengur samkvæmt kerfisáætlun til 10 ára.
29. Fara ætti yfir það með álverunum hvort og hvernig ná megi fram ákveðnum raforkusparnaði með breyttu rafgreiningarferli í samræmi við viðmið um hagkvæmasta ferli frá ESB, eins og fram kemur í nýlegri skýrslu Implement.
30. Greina þarf möguleika á nýtingu glatvarma, tæknilega og með tilliti til hagkvæmni og kostnaðar með fyrir augum að greina þörf á fjárstuðningi ríkisins og hvort hann geti valdið minni stuðningi með styrkjum eða niðurgreiðslum á húshitunakostnaði vegna rafhitunar.
31. Áhrif viðskiptavettvanga á virkni raforkumarkaðar verði metin sem og hvort frekari aðgerða sé þörf til að auka virkni markaðar í þágu orkuöryggis og orkuskipta.
32. Stutt verði við notkunarsvörun.
33. Innleiðingu háttennisreglna í raforkuviðskiptum verði flýtt samhliða virku eftirliti.
34. Eigendastefna Landsvirkjunar verði uppfærð með það að markmiði að stuðla að virkri samkeppni og virkum markaði fyrir jöfnunarorku í þágu orkuskipta.
35. Ráðist verði í rannsókn á stöðu samkeppni á smásölumarkaði.
36. Orku verði forgangsraðað til orkuskipta með því að beita efnahagslegum hvötum til að styðja framgang verkefna á eftirspurnarhlið, þróa kerfisáætlun Landsnets þannig að hún styðji við orkuskipti og að eigendastefna orkufyrirtækja í ríkiseigu stuðli að orkuskiptum og fjölbreyttum orkukostum.
37. Hægt hefur á rafbílavæðingu en ljóst er að hlutfall rafbíla þarf að hækka mikið til að ná markmiðum um orkuskipti. Starfshópurinn leggur því til að hvatar til kaupa á rafbílum verði teknir til endurskoðunar.
38. Stjórnvöld vinni markvisst að því að fá viðurkenningu Evrópusambandsins á því að losun CO2 frá íslenskum jarðhitavirkjunum

teljist ekki til samfélagslosunar og geti þannig nýst til framleiðslu endurnýjanlegs rafeldsneytis.

39. Lagt verði mat á fýsileika opinbers stuðnings við rafeldsneytisframleiðslu en líklegt er að einhver innlendur stuðningur þurfi að koma til.
40. Forsenda vindorkuuppbyggingar er að virkur markaður myndist með jöfnunarorku. Starfshópurinn leggur því til að tekið verði til skoðunar að Landsvirkjun setji upp og bjóði út t.d. 10 MW jöfnunarpakka, sem kalla mætti „Sýndarvirkjanir“, með ~60% aflstuðli, til jöfnunar á móti vindorku með ~40% aflstuðli, án þess að orka fylgi með í kaupunum, sem gæti hentað til að jafna 25 MW uppsett afl vindorku.

# Heimildaskrá

[„14-17. ma.kr. útflutningstekjur hafa tapast vegna raforkuskerðingar Landsvirkjunar.](#) Samtök iðnaðarins, Reykjavík 2024.

[A pathway to decarbonise the shipping sector by 2050.](#) International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2021.

[Almenn eigandastefna ríkisins fyrir öll félög í eigu ríkisins.](#) Fjármála- og efnahagsráðuneytið, Reykjavík 2021.

*Alþingistíðindi.*

[„Auknar skerðingar í erfiðu árferði“](#) <https://www.landsvirkjun.is/frettir/auknar-skerdingar-i-erfidu-arferdi> (skoðað 6. des. 2024).

“Average capacity factor for onshore wind power in Germany from 2015 to 2022“, <https://www.statista.com/> (skoðað 17. nóv. 2024).

[Bætt orkunýtni og ný tækifæri til orkuöflunar.](#) umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið, Reykjavík 2024.

[Endurmat á virkjunarkostum úr 3. áfanga rammaáætlunar. Tillögur verkefnisstjórnar 5. áfanga til ráðherra.](#) Verkefnisstjórn 5. áfanga rammaáætlunar, Reykjavík 2024.

[Energy requirements for hydrogen gas compression and liquefaction as related to vehicle storage needs.](#) Department of Energy, Bandaríkin 2009.

Guðrún Sævarsdóttir, Halvor Kvande og Þórður Magnússon: [„Reducing the Carbon Footprint: Primary Production of Aluminum and Silicon with Changing Energy Systems“.](#) Journal of Sustainable Metallurgy, 7. tbl. 2021, bls. 848 – 857.

Global Aluminium Cycle 2023, <https://alucycle.international-aluminium.org/public-access/public-global-cycle/> (skoðað 10. des 2024)

[Greinargerð í kjölfar málbings um vistkerfisnálgun.](#) Biodice, Reykjavík 2023.

„[Grænt bókhald 2022](#)“, skýrsla PCC BakkaSilicon í samræmi við reglugerð nr. 851/2002. PCC BakkiSilicon 2023.

Hagstofa Evrópusambandsins, Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database> (skoðað 10. des. 2024).

„Hringrásarhagkerfið“, <https://ust.is/hringrasarhagkerfi/graenn-lifstill/hringrasarhagkerfid/> (skoðað 16. nóv. 2024).

„Inflation Reduction Act“, <https://home.treasury.gov/policy-issues/inflation-reduction-act> (skoðað 10. desember 2024)

Jón Gunnar Ottósson o.fl.: [„Vistgerðir á Ísandi“.](#) Fjölrit Náttúrufræðistofnunar. Reykjavík 2016.

Karlis Panagiotis o.fl. „[Best Available Techniques \(BAT\) Reference Document for the Slaughterhouses, Animal By-products and/or Edible Co-products Industries](#)“. Útgáfuskrifstofa Evrópusambandsins 2024.

[LCOE](#), Lazard og Roland Berger, 2023.

[Levelized Cost of Energy \(LCOE\) og virkjunarkostir til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar. Skilgreining á LCOE, helstu forsendur, útreikningur fyrir virkjunarkosti til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar frá ágúst 2015 og samanburður virkjunarkosta](#). Samorka, Reykjavík 2016.

Litlar breytingar í nýskráningum fólksbifreiða“, <https://www.fib.is/is/um-fib/frettir/litlar-breytingar-i-nyskraningum-folksbifreiða> (skoðað 6. des. 2024).

[Loftslagsvegvisir sjávarútvegs](#). Samtök fyrirtækja í sjávarútvegi, Reykjavík 2023.

[Loftslagsvegvisar atvinnulífsins](#). Samtök atvinnulífsins o.fl. 2023.

[Mannfjöldaspá](#). Hagstofan. 2024.

Mark Singer o.fl: [Electric Vehicle Efficiency Ratios for Light-Duty Vehicles Registered in the United States](#), National Energy Laboratory, Bandaríkin 2023.

[Orkuspá Orkustofnunar 2023–2050](#). Orkustofnun 2023.

„Primary Aluminium Smelting Power Consumption“, <https://international-aluminium.org/> (skoðað 11. desember 2024)

„Produksjonsrappporter, kostnader og vindressurser“, <https://www.nve.no/energi/energisystem/vindkraft-paa-land/produksjonsrappporter-kostnader-og-vindressurser/> (skoðað 6. des. 2024).

„Produksjonsrappporter, kostnader og vindressurser“, <https://www.nve.no/energi/energisystem/vindkraft-paa-land/produksjonsrappporter-kostnader-og-vindressurser/> (skoðað 17. nóv. 2024).

“Race to Net Zero: Carbon Neutral Goals by Country“, <https://www.visualcapitalist.com> (skoðað 11. nóv. 2024).

[Raforkuspá Landsnets. Rafvæðing samfélags. Spá Landsnets um þróun eftirspurnar og framboðs á raforku 2023 – 2060](#). Landsnet 2023.

[Raforkuverð og þróun samkeppni á raforkumarkaði](#). EFLA, Reykjavík 2019.

„Rýni loftslagsráðs á aðgerðaáætlun í loftslagsmálum, samþykkt á fundi Loftslagsráðs 29. apríl 2020“, <https://loftslagsrad.is/ryni-loftslagsrads-a-adgerdaaetlun-i-loftslagsmalum-2020/> (skoðað 6. des. 2024).

[Samhent stjórnsýsla. Skýrsla nefndar um endurskoðun laga um Stjórnarráð Íslands](#). Forsætisráðuneytið, Reykjavík 2010.

[Skýrsla nr. C18:03. Öryggi á almennum markaði með rafmagn](#). Hagfræðistofnun Háskóla Íslands. Reykjavík 2018.

[Skýrsla starfshóps um orkuöryggi áheildsöllumarkaði fyrir raforku. Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið.](#) Reykjavík 2020.

[Staða og áskoranir í orkumálum með vísan til markmiða og áherslna stjórnvalda í loftslagsmálum.](#) Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið, Reykjavík 2022.

[Tilmæli framkvæmdastjórnar Evrópusambandsins um hvernig hraða megi uppbyggingu endurnýjanlegra orkugjafa](#)

Útgefið talnaefni Orkustofnunar um raforku, <https://orkustofnun.is/upplýsingar/talnaefni/raforka> (skoðað 5. des. 2024).

