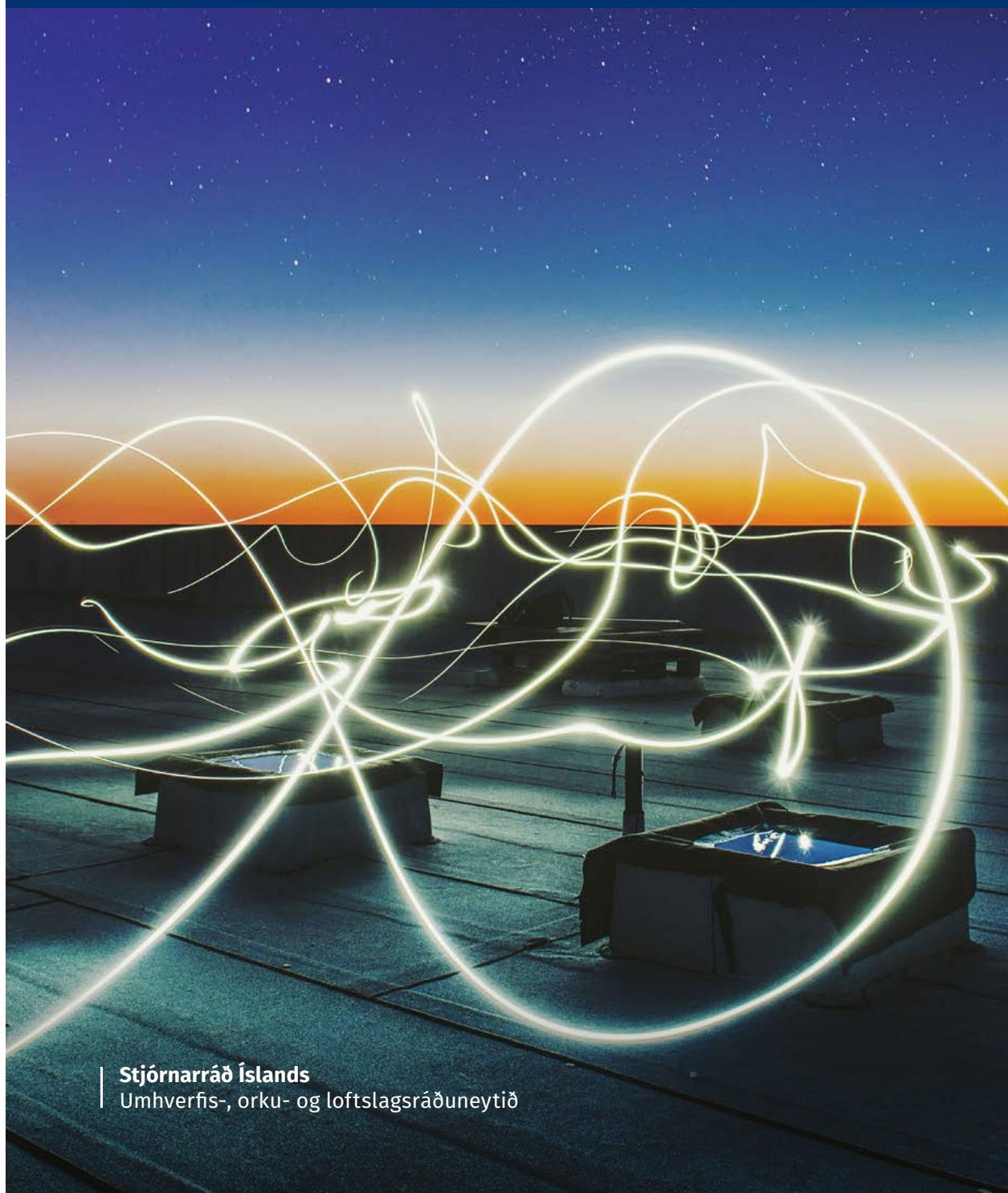


Apríl 2024



Vegvísir að vetnis- og rafeldsneytisvæðingu á Íslandi



Stjórnarráð Íslands
Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið

Vegvísir að vetnis- og rafeldsneytisvæðingu á Íslandi

Útgefandi: Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið

© 2024 Umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytið

Borgartún 26 – 105 Reykjavík
545 8600 | urn@urn.is

Apríl 2024

stjornarradid.is

Efnisyfirlit

Samantekt	6
1. Takmark: Markmið Íslands í útfösun kolefnis og orkumálum	12
1.1 Núverandi staða: Losun frá vegasamgöngum, haftengdri starfsemi og flugi	17
1.2 Markmiðin: Samdráttur í losun koldíoxíðs og orkumarkmið í vegasamgöngum, haftengdri starfsemi og flugi	24
2. Framtíðarsýn: Möguleikar vetnis á Íslandi	30
2.1 Fyrri, núverandi og fyrirhuguð verkefni og frumkvæði í vetnisiðnaði	30
2.2 Möguleikar vetnis í vegasamgöngum, haftengdri starfsemi og flugi	34
2.3 Áætluð eftirspurn eftir vetni í vegasamgöngum, haftengdri starfsemi og flugi	35
2.4 Efnahagsleg tækifæri og stefnumiðuð sýn á vetnisframleiðslu á Íslandi	49
2.5 Útflutningsmöguleikar græns vetnis	50
3. Uppbygging: Áætlun, áfangar fyrir 2030 og horfur fyrir 2040	55
3.1 Uppbyggingaráætlun og áætlunartímabil	55
3.2 Stefnumarmi og hvatakerfi til að koma vegvísinum í framkvæmd	57
3.3 Fjárfestingaþörf vegna uppbyggingar til ársins 2030	63
4. Viðauki	67

Myndir

Mynd 1. Langtímaorkustefna Íslands til ársins 2050 — Leiðarljós, markmið og undirstöður. _____	12
Mynd 2. Skuldbindingar um kolefnishlutleysi eftir löndum. _____	14
Mynd 3. Losun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi (1990-2020). _____	15
Mynd 4. Samanburður á CO ₂ styrkleika mismunandi landa (2020). _____	16
Mynd 5. Geirar sem vegvísirinn tekur til. _____	17
Mynd 6. Notkun jarðefnaeldsneytis á Íslandi eftir eldsneytistegund (2005-2020) — Tölur eru örlítið frábrugðnar sundurliðun eftir geirum vegna mismunandi skýrslugjafar. _____	18
Mynd 7. Notkun jarðefnaeldsneytis á Íslandi í vegasamgöngum, fiskveiðum, siglingum og flugi (2005-2020) — Tölur eru örlítið frábrugðnar sundurliðun út frá eldsneytistegund vegna mismunandi skýrslugjafar. _____	18
Mynd 8. Losun frá vegasamgöngum á Íslandi (2005-2020). _____	19
Mynd 9. Losun frá siglingum og fiskveiðum (2005-2020). _____	22
Mynd 10. Losun frá flugstarfsemi á Íslandi (2005-2020). _____	23
Mynd 11. Losun Íslands frá innanlands- og millilandasamgöngum (2005-2020). _____	24
Mynd 12. Markmið um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda til ársins 2030 — Vegasamgöngur. _____	25
Mynd 13. Markmið um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda til ársins 2030 — Fiskveiðar og strandsiglingar. _____	26
Mynd 14. Markmið um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda til ársins 2030 — Flug og stóriðja. _____	26
Mynd 15. Tímalínur fyrir innreið á markað og notkun vetnis og rafeldsneytis (spá). _____	35
Mynd 16. Áætluð eldsneytisnotkun í þungaflutningum á vegum, skipaútgerð og flugi (2030-2040) — Athugið að hér er áætluð eldsneytisnotkun léttra og meðalþungra ökutækja ekki talin með. _____	36
Mynd 17. Sviðsmyndir eftir geirum (2030-2040). _____	37
Mynd 18. Áætluð árleg eftirspurn eftir vetni með og án þeirra geira sem falla undir ETS (2030-2040). _____	37
Mynd 19. Áætluð vetnisþörf eftir geirum miðað við að allir hlutar séu orðnir óháðir jarðefnaeldsneyti 2040 (2020-2040). _____	38
Mynd 20. Losun frá vegasamgöngum á Íslandi. _____	39
Mynd 21. Eldsneytisnotkun í vegasamgöngum (2005-2020). _____	39

Mynd 22. Notkun skipaeldsneytis á Íslandi — Strandsiglingar (2005-2020).	40
Mynd 23. Notkun skipaeldsneytis á Íslandi — Sjávarútvegur (2005-2020).	41
Mynd 24. Notkun skipaeldsneytis á Íslandi — Alþjóðasiglingar (2005-2020).	41
Mynd 25. Flugeldsneytisnotkun á Íslandi — Alþjóðaflug (2005-2020).	43
Mynd 26. Flugeldsneytisnotkun á Íslandi — innanlandsflug (2005-2020).	44
Mynd 27. Raforkupörf fyrir full orkuskipti með og án starfsemi sem fellur undir ETS-kerfið (2030-2040).	45
Mynd 28. Raforka til fullra orkuskipta, rafgreiningargeta og afkastageta orkuvera.	45
Mynd 29. Raforkuframleiðsla á Íslandi (2005-2020).	46
Mynd 30. Núverandi staðbundin losun CO ₂ á Íslandi og möguleikar á framleiðslu metanóls og rafkerosens.	48
Mynd 31. Stefnumiðuð tækifæri fyrir Ísland.	50
Mynd 32. Spá um eftirspurn í Evrópu eftir vetni 2020-2030 [milljón tonn].	51
Mynd 33. Mat á vetnisinnflutningi í Evrópu til ársins 2050 [milljón tonn].	52
Mynd 34. Framkvæmdar og samþykktar aðgerðir á sviði samgangna.	59
Mynd 35. Dæmi um hvata og áhættuminnkandi verkfæri sem mætti kanna.	61
Mynd 36. Hugsanleg fjárfestingaþörf fram til ársins 2030.	64
Mynd 37. Yfirlit yfir upptökuhlutföll.	67
Mynd 38. Mat á orkupörf fyrir full orkuskipti, úr drögum að vetnis- og rafeldsneytisvegvísi fyrir Ísland 2021.	68



Samantekt

Orka varðar alla Íslendinga og er ómissandi þáttur í daglegu lífi. Aðgangur að orku, þ.e. varma, rafmagni og eldsneyti, er forsenda almennra lífsgæða á Íslandi. Orkuskipti, þar sem jarðefnaeldsneyti víkur fyrir endurnýjanlegum orkugjöfum, eru nauðsynleg til að vinna gegn loftslagsvánni. Það er mikið í húfi enda er loftslagsváin er eitt brýnasta úrlausnarefnið sem mannkynið stendur frammi fyrir.

Íslensk stjórnvöld hafa sett sér metnaðarfull markmið varðandi samdrátt í losun koldíoxíðs og líta á orkuskiptin sem eina af grundvallarforsendum þess að þau náist. Stefnt er að því að árið 2030 verði hlutur endurnýjanlegra orkugjafa í samgöngum á landi kominn upp í 40%, og innan fiskveiða og siglinga í 10% (eins og skilgreint er í tilskipun ESB um endurnýjanlega orku). Stefna ríkisstjórnarinnar er að ná kolefnishlutleysi og gera Ísland óháð jarðefnaeldsneyti ekki síðar en 2040.

Íslensk stjórnvöld hafa þróað þennan vegvísi til að gefa skýra mynd að því er varðar framleiðslu, flutning og notkun á grænu vetni og rafeldsneyti. Í honum er birt sýn til framtíðar og lýsing á nauðsynlegum skrefum á leiðinni til sjálfbærni í orkumálum.

Grænt vetni og vetnisafleiður sem unnar eru úr vetni (s.s. rafammóníak, rafmetanól, rafdísil og rafkerosen) munu gegna mikilvægu hlutverki í útfösun kolefnis í heimshagkerfinu, bæði sem hráefni og eldsneyti. Það mun gegna lykilhlutverki í atvinnugreinum sem eru mjög háðar jarðefnaeldsneyti, s.s. þungaflutningum á vegum, haftengdri starfsemi og flugi, og í starfsemi þar sem erfitt er að minnka losun kolefnis, s.s. í áburðar-, stál- og efna iðnaði. Vetni og rafeldsneyti eru lykilatriði þegar kemur að því að minnka kolefnislosun í flutningum og sjávarútvegi á Íslandi.

Þessi vegvísir fjallar um útfösun kolefnis í starfsemi þar sem notkun jarðefnaeldsneytis er mikil, bæði þeim sem heyra undir reglugerðina um beina ábyrgð (ESR), s.s. þungaflutningum, fiskveiðum, strandsiglingum og innanlandsflugi, og þeim sem falla undir viðskiptakerfi ESB með losunarheimildir (ETS), sem tekur til losunar frá jarðefnaeldsneyti í alþjóðaflugi og alþjóðasiglingum.

Losun á Íslandi frá starfsemi sem heyrir undir ESR og ETS (að frátalinni landnotkun (e. Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF)), nam 4.820 kt af CO₂-íg. árið 2020. Samgöngur á vegum námu 17% af losun gróðurhúsalofttegunda, losun frá haftengri starfsemi nam 11%, aðallega vegna eldsneytisnotkunar fiskiskipa, og hlutdeild innanlandsflugs var 0,3%. Hluttur alþjóðaflugs í losun var 6% og alþjóðasiglinga 2%, en mestöll eldsneytiskaup fyrir skip í þessum flokki eiga sér stað utan Íslands.

COVID-19 heimsfaraldurinn hafði mikil áhrif á eldsneytisnotkun og losun árið 2020. Árið 2018 náði samanlögð losun frá þessum atvinnugreinum sögulegu hámarki, eða 6.362 kt CO₂-íg. Eldsneytisnotkun í alþjóðaflugi var það ár fimm sinnum meiri en árið 2020, og nam 20% af heildarlosun. Þess vegna er vert að hafa í huga að samgöngutakmarkanir hafa haft mikil áhrif á gögn um losun og eldsneytisnotkun ársins 2020 og þau víkja því verulega frá þróuninni árin á undan. Í áætlaðri eldsneytisnotkun sem Orkustofnun birtir eru vænt tímabundin áhrif COVID-19 tekin með í reikninginn sem og endurhvarf til „venjulegs ástands“.

Til að taka á þessari losun þarf að grípa til aðgerða fyrir 2030. Á þessum áratug munu íslensk stjórnvöld gera nauðsynlegar ráðstafanir til að styðja við uppbyggingu þeirra innviða sem þarf til að íslensk fyrirtæki geti notað vetnisflutningabíla, og styðja þannig við útfösun kolefnis í þungaflutningum á vegum samhliða því að slík ökutæki koma á markað. Þetta verður mikilvægur áfangi í átt að 40% hlutdeild endurnýjanlegrar orku í vegasamgöngum árið 2030. Þess er vænst að rafeldsneyti, s.s. rafmetanól, rafammóníak og rafdísilolía, muni eiga veigamikinn þátt í útfösun jarðefnaeldsneytis í haftengdri starfsemi. Ríkisstjórnin mun ýta undir fleiri tilraunaverkefni með áherslu á skip og hafnir. Ríkisstjórnin hefur einnig samið tilmæli þar sem fram kemur að árið 2030 gætu 20% eldsneytisnotkunar í innanlandsflugi komið frá endurnýjanlegum orkugjöfum. Loks verður lagt mat á tilraunaverkefni með vistvænt flugvélaeldsneyti og blöndunarkvóta fyrir flug sem og hagkvæmni ólíkra innflutningsmöguleika sem leiða til samdráttar í kolefnislosun frá flugi.

Árið 2030 gæti árleg eftirspurn eftir vetni til notkunar innanlands, í þungaflutningum á vegum, starfsemi á hafi og innanlandsflugi, náð tíu þúsund tonnum á ári (10 kt/ár), sem felur í sér raforkuþörf sem nemur 0,6 TWh til vetnis- og rafeldsneytiframeleiðslu. Að auki gæti rafvæðing í vegasamgöngum kallað á 1,3 TWh af endurnýjanlegri orku til viðbótar fyrir árið 2030. Til að ná 10% hlut endurnýjanlegra orkugjafa í millilandaflugi árið 2030 þyrfti annaðhvort mjög hraða aukningu í eigin framleiðslugetu eða að tryggja innflutning. Ef gert er ráð fyrir að ná 10% hlutdeild endurnýjanlegrar orku árið 2030 með innlendra eldsneytisframleiðslu gæti þurft 25 kt á ári til viðbótar, eða 1,3 TWh af endurnýjanlegri orku að auki, sem þýddi að orkuþörfin færi alls upp í 3,2 TWh. Þetta jafngildir ~ 17% af núverandi ársframleiðslu raforku á Íslandi.

Til að ná þessum markmiðum fyrir árið 2030 þurfa að koma til umtalsverðar fjárfestingar í orkuframleiðslu, flutningsgetu og öðrum innviðum. Áætluð samanlögð heildarfjárfest-

ing til að ná innlendum markmiðum í starfsemi sem fellur undir ESR fyrir 2030 gæti verið á bilinu 160-275 milljarðar króna. Þetta innifelur raforkuframleiðslu, rafgreiningu, vetnis- og rafeldsneytisframleiðslu, dreifingu og notkun neðar í virðiskeðjunni. Ef gert er ráð fyrir að væntanlegri orkuþörf í starfsemi innan ETS yrði mætt með innlendri framleiðslu á endurnýjanlegu eldsneyti, gæti ennfremur þurft 90-160 milljarða króna til viðbótar til raforkuframleiðslu, flutnings, eldsneytisframleiðslu og hugsanlega dreifingarinnviða. Alls gætu þessar fjárfestingar því verið á bilinu 160-440 milljarðar króna, eða sem svarar 6-12% vergrar landsframleiðslu (VLF) 2022.

Eftir 2030 mun hnitmiðuð vetnis- og rafeldsneytisvæðing og uppbygging tengdra innviða halda áfram að draga úr kolefnislosun frá vegasamgöngum, haftengdri starfsemi og flugi, til að tryggja að markmið Íslands um kolefnishlutleysi og útfösun jarðefnaeldsneytis verði uppfyllt. Það er því mikilvægt að fjárfestingar í innviðum og orkukerfinu hefjist á þessum áratug svo Ísland geti sett stefnuna á markmiðin 2040.

Til að mæta væntri eldsneytisþörf ársins 2040 í vegasamgöngum, strandsiglingum og innanlandsflugi alfarið með hreinni orku gæti þurft samtals ~7 TWh af raforku, en það jafngildir 30-35% af ársframleiðslu endurnýjanlegrar raforku á Íslandi. Ef full orkuskipti í alþjóðaflogi og alþjóðasiglingum færu fram með innlendri framleiðslu, gæti þurft ~16 TWh til viðbótar, sem þýddi að samanlögð raforkuþörf yrði ~ 23 TWh, en það er meira en núverandi árleg raforkuframleiðsla í landinu. Ríkisstjórnin mun halda áfram að styðja við rannsóknir og nýsköpun á sviði sjálfbærrar flugeldsneytisframleiðslu á Íslandi og sömu leiðis meta efnahagsleg áhrif bæði af innflutningi og innlendri framleiðslu eldsneytis.

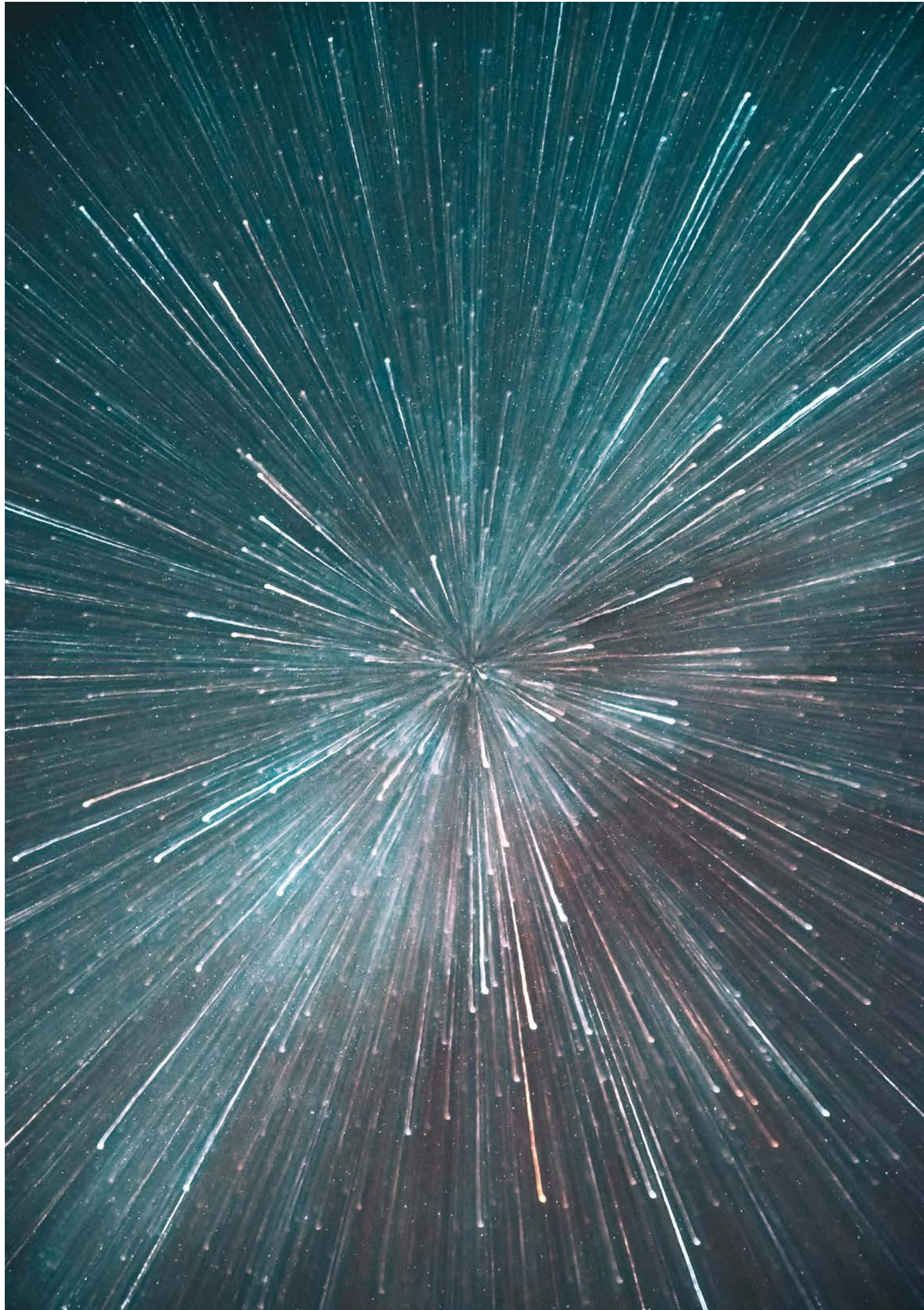
Til að þessi markmið náist farsælega og með varanlegum hætti gætu ýmis stjórnþæki, s.s. reglusetning og skattaleg og efnahagsleg úrræði komið að notum, t.d. áhættuminnkandi úrræði, reglurámi sem styður grænar fjárfestingar og gerir stefnu sem byggist á notkun jarðefnaeldsneytis ófýsilega, sem og fjárhagslegir hvatar og styrkir.

Ísland er í fyrirtaks aðstöðu til að framleiða grænt vetni og rafeldsneyti með því að nýta hina miklu möguleika á endurnýjanlegri orkuvinnslu sem landið býr yfir. Samkeppnishæft raforkuverð, framboð á grænni grunnorku og 100% grænt raforkukerfi gerir landinu kleift að framleiða nauðsynlegt grænt vetni á sjálfbæran hátt og á samkeppnishæfu verði. Auk þess að meta innlenda notkun verða skoðaðir möguleikar á útflutningi á grænu vetni og rafeldsneyti og hvaða áhrif það gæti haft í þá átt að hraða vetnisvæðingu innanlands, þróa nýjan innlenda iðnað og ná markmiðum Íslands um útfösun kolefnis.

Listi yfir skammstafanir

CO₂	Koldíoxíð
CO₂-íg.	Koltvíoxíðígildi
CUTE	Hreinar samgöngur í þéttbýli fyrir Evrópu (e. Clean Urban Transport for Europe)
HCV	Þung atvinnuökutæki (e. Heavy-commercial vehicles)
HDV	Þung ökutæki (e. Heavy-duty vehicles)
DME	Dímetýletri
ECTOS	Vistvænt borgarsamgöngukerfi (e. Ecological City Transport System)
EOY	Árslok
ETS	Viðskiptakerfi Evrópusambandsins með losunarheimildir (e. Emission Trading System)
ESB	Evrópusambandið
EES	Evrópska efnahagssvæðið (e. European Economic Area, EEA)
EV	Rafbíll (e. Electric Vehicle)
GHL	Gróðurhúsalofttegund
GW	Gígavatt
H₂	Vetni
H₂ME	Vetnisknúinir ferðamátar í Evrópu (e. Hydrogen Mobility Europe)
HRS	Vetnisáfyllingarstöð (e. Hydrogen Refuelling Station)
IEA	Alþjóðaorkumálastofnunin (e. International Energy Agency)
kt	Kílótonn (metrakerfi)
ktpa	Kílótonn á ári (metrakerfi)
kW	Kílóvatt
kWh	Kílóvattstund

LCV	Létt atvinnuökutæki (e. Light-commercial vehicles)
LULUCF	Landnotkun, breytt landnotkun og skógrækt (e. Land Use, Land-Use Change, and Forestry)
MW	Megavatt
RES	Hlutdeild endurnýjanlegrar orku (e. Renewable Energy Shares)
SAF	Sjálfbært flugvélaeldsneyti (e. Sustainable Aviation Fuel)
SMART H2	Sjálfbærar samgöngur á sjó og landi – Vetni á Íslandi (e. Sustainable marine and road transport – Hydrogen in Iceland)
TWh	Teravattstund
VSK	Virðisaukaskattur
YOY	Á milli ára

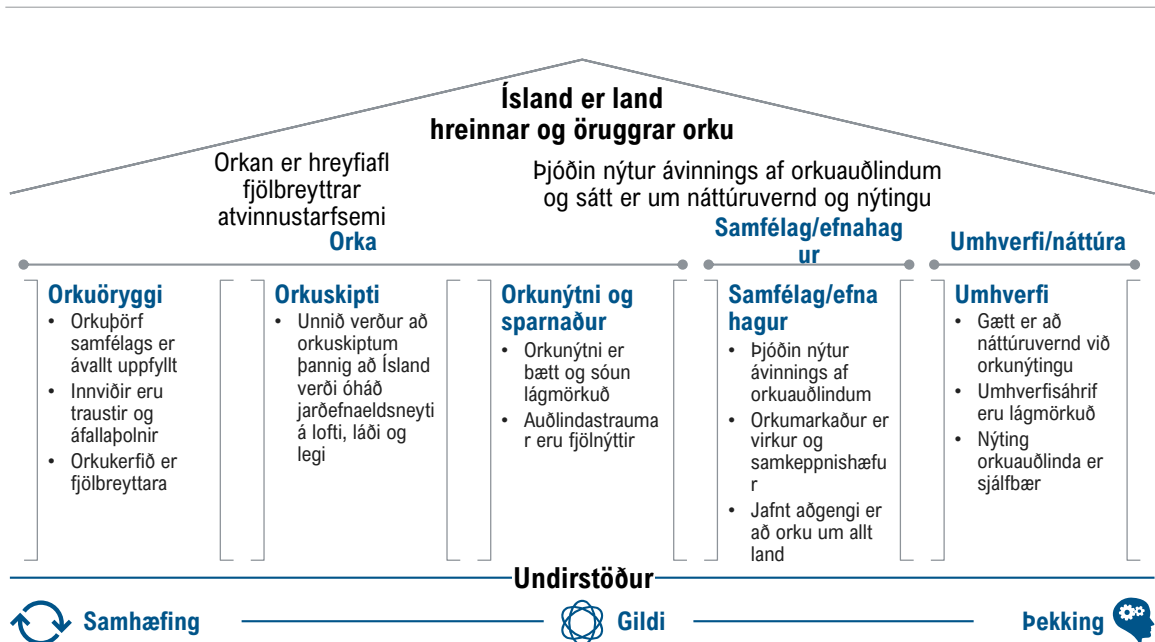


1. Takmark: Markmið Íslands í útfösun kolefnis og orkumálum

Ísland er staðfast í að berjast gegn orsökum loftslagsbreytinga og mjög vel í stakk búið til að takast á við verkefnið. Um 85% heildarfrumorkuframboðs á Íslandi kemur frá endurnýjanlegum orkugjöfum sem framleiddir eru innanlands. Þetta er hæsta hlutfall endurnýjanlegrar orku í heildarorkubúskap einnar þjóðar. En landið hefur metnað til að auka þetta hlutfall enn frekar og hefur á undanförunum árum sett sér metnaðarfull markmið innan ramma skýrrar orkustefnu til að draga úr kolefnislosun og tryggja eftirfylgni með nauðsynlegum aðgerðum. Þessi markmið fela m.a. í sér að bæta orkunýtni og hámarka verðmæti orku með því að nýta aukaafurðir úr orkuvinnslu, iðnaði og meðhöndlun úrgangs þar sem því verður við komið.

Í september 2020 settu íslensk stjórnvöld fram langtímaorkustefnu til ársins 2050 sem hefur að geyma skýra sýn á sjálfbæra framtíð í orkumálum. Langtímamarkmið orkuskiptanna hljóðar upp á að árið 2040 verði Ísland óháð jarðefnaeldsneyti og mæti allri orkuþörf í landinu með orkugjöfum sem eru ekki jarðefnaeldsneyti.

Í orkustefnunni eru sett fram fimm leiðarljós með tólf markmiðum á þremur undirstöðum.



Source: The Icelandic Government (A Sustainable Energy Future – An Energy Policy to the year 2050), Roland Berger

Mynd 1. Langtímaorkustefna Íslands til ársins 2050 — Leiðarljós, markmið og undirstöður.



Liður í þessari stefnumörkun íslenskra stjórnvalda var að gefa út aðgerðaáætlun um orkustefnu, sem inniheldur 48 aðgerðir sem er ætlað að styðja við markmiðin tólf.

Aðgerðin „**A.4 Vetni/rafeldsneyti**“ snýst um að styðja við rannsóknir og uppbyggingu vetnis- og rafeldsneytisframleiðslu sem einn áfanganna í innlendum orkuskiptum, með áherslu á þungaflutninga og haftengda starfsemi. Þar að auki munu stjórnvöld kanna þörf á uppbyggingu innviða í tengslum við innlenda vetnisframleiðslu og -dreifingu, og möguleika að því er varðar útflutning á grænu vetni í framtíðinni og tækifæri í alþjóðlegu samstarfi.

Í október 2020 setti ríkisstjórnin einnig fram nýja loftslagsstefnu, sem herti á þeirri viðleitni að ná markmiðunum sem sett eru fram í Parísarsamningnum, ásamt aðgerðaáætlun í loftslagsmálum þar sem nánar er farið út í leiðir að þessum metnaðarfullu markmiðum.

Í samræmi við aðgerðaáætlun Íslands í loftslagsmálum 2020:

- 1. Hefur Ísland sett sér markmið til að ná 40% samdrætti í losun árið 2030, miðað við losunargildi árið 2005, í þeim greinum sem falla undir beina ábyrgð Íslands samkvæmt reglugerð ESB um sameiginlegar efndir (Effort Sharing Regulation, ESR),**
- 2. Stefnir að kolefnishlutleysi árið 2040, og**
- 3. Áformar að verja að lágmarki 46 milljörðum króna¹ í að ná þessum markmiðum fyrir lok ársins 2024.**

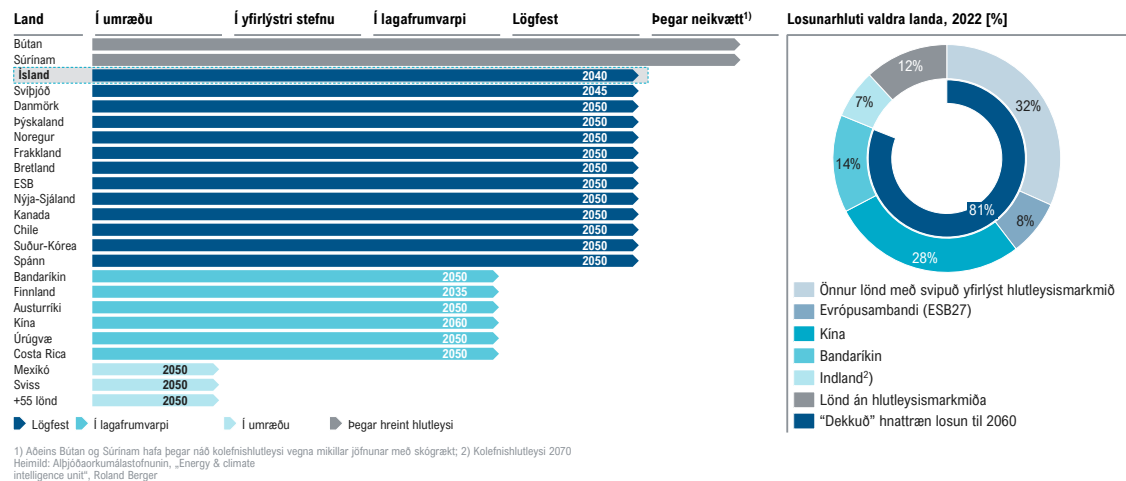
Meðal þeirra skrepa sem lýst er í áætluninni er bann við skráningu nýrra bensín- og dísilbíla frá 2030. Í júní 2021 voru fest í lög markmið um að Ísland næði kolefnishlutleysi eigi síðar en árið 2040. Markmiðið 2040 er metnaðarfullsta markmið sem nokkurt land hefur fært í lög, og skákar Svíþjóð sem miðar við 2045. Að auki hafa íslensk stjórnvöld hert enn frekar á fyrirætlunum sínum í loftslagsaðgerðum og stefna að 55% samdrætti í losun gróðurhúsalofttegunda til ársins 2030 miðað við gildin 1990. Ennfremur hefur Ísland sett sér það markmið að verða óháð jarðefnaeldsneyti árið 2040.

Meira en 130 lönd, sem standa fyrir meira en 80% losunar gróðurhúsalofttegunda, hafa þegar skuldbundið sig til að ná kolefnishlutleysi ekki síðar en 2060.² Ef markmið Parísarsamkomulagsins eiga að nást þarf að stórauka viðleitni í þá átt um allan heim og Ísland stefnir að því að vera fyrirmynd annarra þjóða í þessu tilliti.

¹Tekur til beinna fjárfestinga og ívilnana (t.d. í formi lægri skatta).

²Loftslagsaðgerðavísir (Climate Action Tracker, 2022); Hlutleysisvísir (Net Zero Tracker, 2022).

Skuldbindingar um kolefnishlutleysi eftir löndum



Mynd 2. Skuldbindingar um kolefnishlutleysi eftir löndum.

Að ná þessum metnaðarfullu markmiðum er risastórt verkefni sem kallar á skýra leiðsögn af hálfu ríkisstjórnarinnar, verulegar fjárfestingar í nýrri tækni og góða þátttöku í íslensku samfélagi.

Á Íslandi hafa þegar átt sér stað tvenns konar orkuskipti á síðustu öld og er landið í einstakri stöðu til að takast á við útfösun kolefnis í flutningum. Þar sem um 85% heimila eru hituð með jarðvarmaorku og næstum öll raforkan er framleidd með endurnýjanlegum orkugjöfum, á losun fyrst og fremst upptök sín í iðnaði, samgöngum, meðhöndlun úrgangs, haftengri starfsemi og landbúnaði.

Helstu orsakavaldar losunar gróðurhúsalofttegunda á Íslandi í dag eru málmiðnaður, flutningar og fiskveiðar.

Losun frá málmiðnaði hefur aukist á síðustu 30 árum vegna aukinnar starfsemi í áliðnaði. Tækniframfarir á síðasta áratug hafa stuðlað að samdrætti í losun en geirinn lagði enn 37% til losunar gróðurhúsalofttegunda (losun innanlands og losun frá millilandasamgöngum að frátaldri losun frá LULUCF) árið 2020.

Mikilvægt er að hafa í huga að losun frá málmiðnaði fellur undir ETS-bókhaldskerfi Evrópusambandsins, en er ekki á beinni ábyrgð Íslands samkvæmt reglugerðinni um sameiginlegar efndir (ESR). Samkvæmt ESB var ETS komið á fót fyrir alþjóðlega geira til að „tryggja að samdráttur í losun eigi sér stað þar sem ódýrast er að koma honum við“.³ Endurnýjanlegt raforkuframboð á Íslandi hefur því laðað að sér orkufrekan iðnað

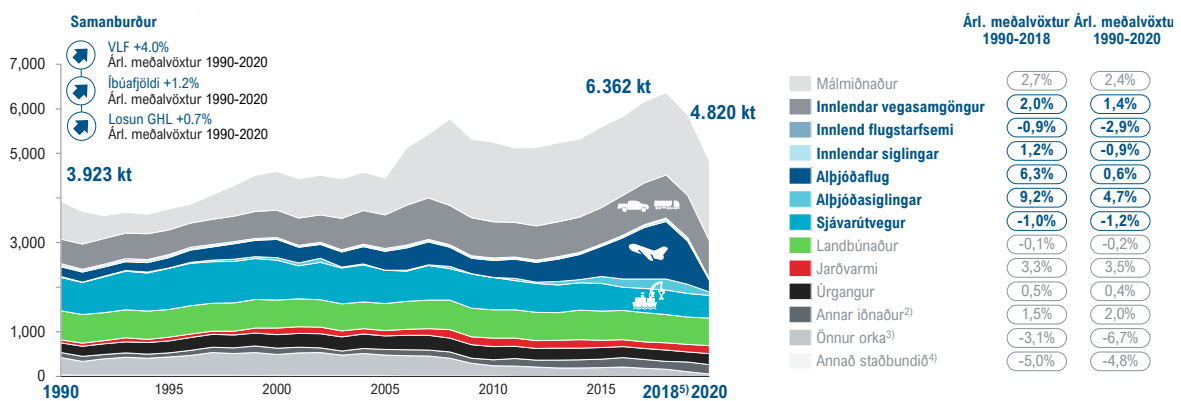
³ Evrópusambandið, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_3542 (Júlí 2021).

sem annars hefði getað verið komið fyrir í umhverfi þar sem losun er meiri. Losun frá málmíðnaði á sér stað í framleiðsluferlinu og vetni gegnir takmörkuðu hlutverki í iðnaði á Íslandi.

Hinn meginlosunarvaldurinn, flutningar, hefur einnig vaxið að umfangi á síðasta áratug, aðallega vegna aukinnar ferðapjónustu og stendur fyrir 18% af losun gróðurhúsalofttegunda. Þessi geiri er næstum alfarið háður innflutningi á jarðefnaeldsneyti.

Í aðgerðaáætlun Íslands í loftslagsmálum 2020 eru sett fram skýr markmið um samdrátt kolefnislosunar frá vegasamgöngum, strandsiglingum og fiskveiðum. Aðgerðaáætlunin byggir á nýrri orkustefnu sem sett er fram í langtímaorkustefnu Íslands til ársins 2050.

Losun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi eftir geirum (að frátöldu LULUCF¹), 1990–2020 [kt CO₂e, %]



1) Landnotkun, breytt landnotkun og skógrækt (LULUCF); 2) Tekur til steinefna-, efna- og annars framleiðsluáæðnaðar; 3) Tekur til orku-, iðnframleiðslu og eldsneytisbrennslu frá öðrum geirum; 4) Tekur til minni háttar GHG losunar úr öðrum geirum s.s bygginga fyrir verslun, stofnanir og íbúðarhúsa; 5) 2018 var árið með mesta jarðefnaeldsneytisnotkun, það er ástæðan fyrir því að það er dregið fram hér
 Heimild: Alþjóðabankinn, Skýrsla um landsbókhald, Hagstofa Íslands, Roland Berger
 Roland Berge

Mynd 3. Losun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi (1990-2020).⁴

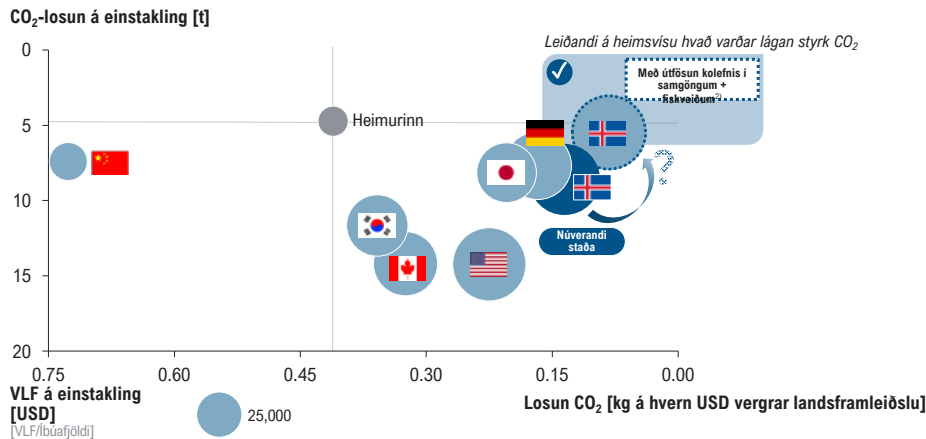
Samgöngur og fiskveiðar námu um 30% af losun gróðurhúsalofttegunda árið 2020. Vetni og rafeldsneyti geta því gegnt afgerandi hlutverki við að draga úr kolefnislosun í vegasamgöngum og haftengdri starfsemi

Þegar horft er til beinnar koldíoxíðslosunar innanlands⁵ er Ísland nú þegar í fremstu röð að því er varðar lágan styrk CO₂ á mann, en landið gæti dregið enn frekar úr kolefnislosun og orðið leiðandi á heimsvísu.

⁴ Losun frá landnotkun, breytti landnotkun og skógrækt (LULUCF) nam 9,010 kt CO₂-íg. árið 2020, aðallega vegna framræslu votlendis á síðari hluta 20. aldar. Henni var að mestu hætt árið 1990 (þessi losun heldur áfram í langan tíma eftir að ræst var fram).

⁵ Þegar borin er saman losun koldíoxíðs eingöngu (engar aðrar lofttegundir), og LULUCF og alþjóðlegar samgöngur undanskildar.

Samanburður á styrk CO₂-losunar landa, 2020¹



1) Aðeins er sýnd losun CO₂ (nær ekki til annarra gastegunda eða CO₂-ígilda), koldíoxíðlosun nær til allrar losunar frá orkuframleiðslu (kolum, ollu, gasi og afgaslogabrennslu) sem og beinnar losunar í iðnaði frá sement- og stálframleiðslu. Nær ekki til breyttrar landnotkunar; 2) Dæmi sem sýnir hvernig staða Íslands breytist með fullum samdrætti í losun í samgöngum og fiskveiðum
 Heimild: Alþjóðabankinn, „Our World in Data“, Destatis, Skýrsla um landsbókhald, Hagstofa Íslands, Global Carbon Project, SP, Roland Berger

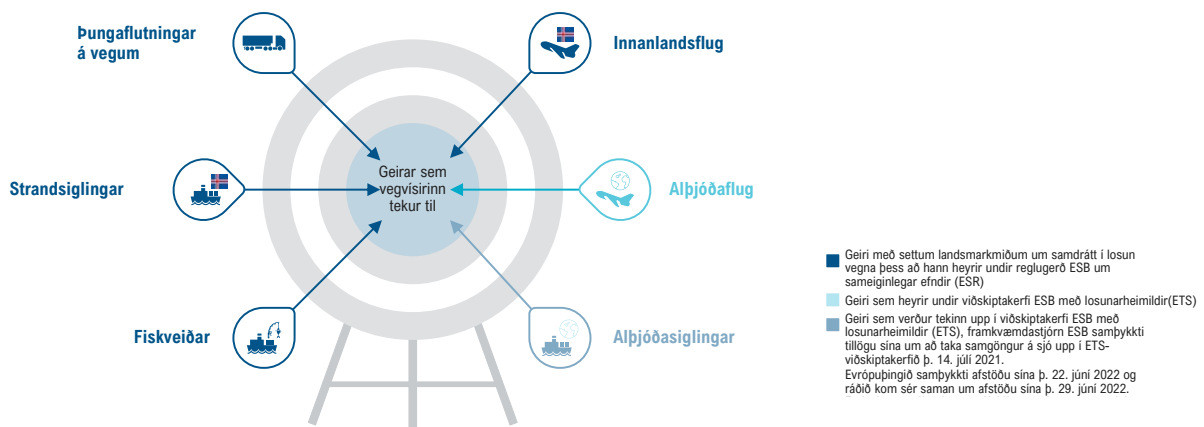
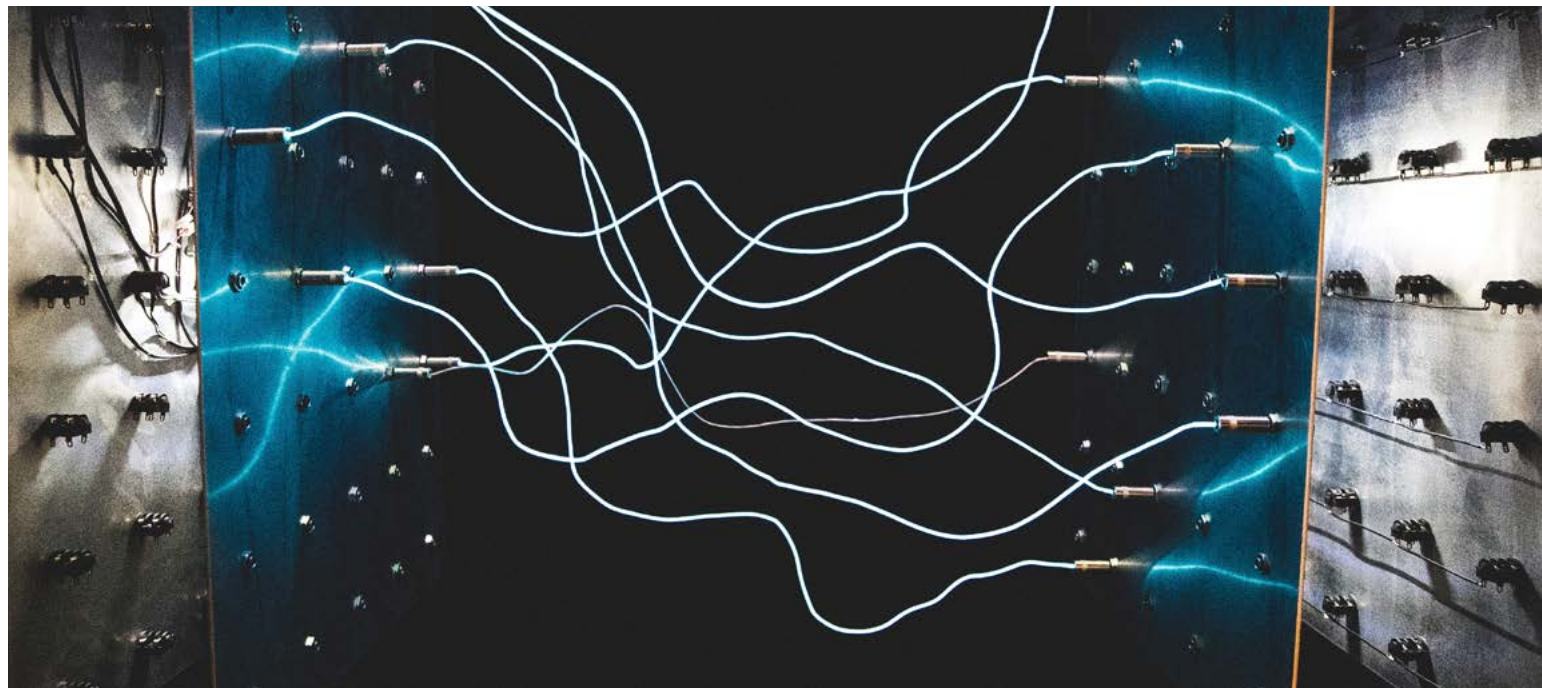
Mynd 4. Samanburður á CO₂ styrkleika mismunandi landa (2020).

Til að ná markmiðum um losun kolefnis þarf að skipta út jarðefnaeldsneyti fyrir aðrar lausnir en tryggja jafnframt öryggi orkuframboðs á Íslandi, viðráðanlegt verð og sátt við umhverfið.

Vetni og rafeldsneyti munu gegna lykilhlutverki í framkvæmd orkuskiptanna eftir því sem Ísland færist fjar því að vera háð jarðefnaeldsneyti.

- Vetni má nota beint sem orkugjafa, til dæmis með því að nota efnarafala til að knýja ökutæki, báta og flugvélar.
- Vetni má nota til að framleiða rafeldsneyti, t.d. rafmetanól, rafammóníak, rafdísilólíu og rafkerosen, en þetta geta verið raunhæfir valkostir í stað jarðefnaeldsneytis fyrir vegasamgöngur, flug og haftengda starfsemi.

Þó að vetni gæti nýst við að draga úr losun frá iðnaðarstarfsemi á Íslandi gæti það haft mun veigameiri áhrif þegar kemur að minnkun kolefnislosunar í flutningum. Í vegvísinum er athyglinni því beint að því lykilhlutverki sem vetni gæti gegnt í útfösun í þungaflutningum á vegum, starfsemi á hafi (alþjóða-siglingum, strandsiglingum og fiskveiðum) og millilanda- og innanlandsflugi.



Heimild: Stjórnarráð Íslands, Roland Berger

Mynd 5. Geirar sem vegvísirinn tekur til.

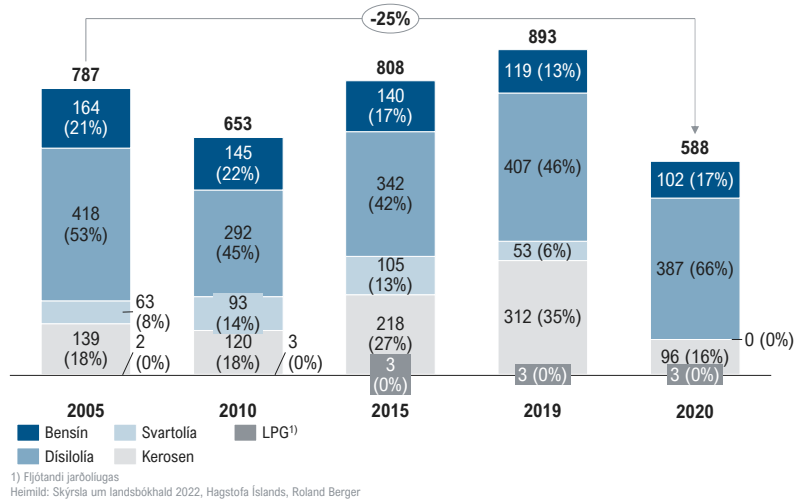
1.1 Núverandi staða: Losun frá vegasamgöngum, haftengdri starfsemi og flugi

Ísland notaði alls 588 kt af jarðfnaeldsneyti⁶ árið 2020⁷ og 893 kt 2019. Megnið af þessu jarðfnaeldsneyti var notað í vegasamgöngum (48%), siglingum og fiskveiðum (32%) og flugi (15%). Notkun í annarri starfsemi nam 5%. Þessi þrjú svið, þ.e. vegasamgöngur, starfsemi á hafi og flug, eru meginuppspretta losunar jarðfnaeldsneytis.

⁶ Tekur til notkunar innanlands sem og til jarðfnaeldsneytisnotkunar í alþjóðaflugi og alþjóðasiglingum.

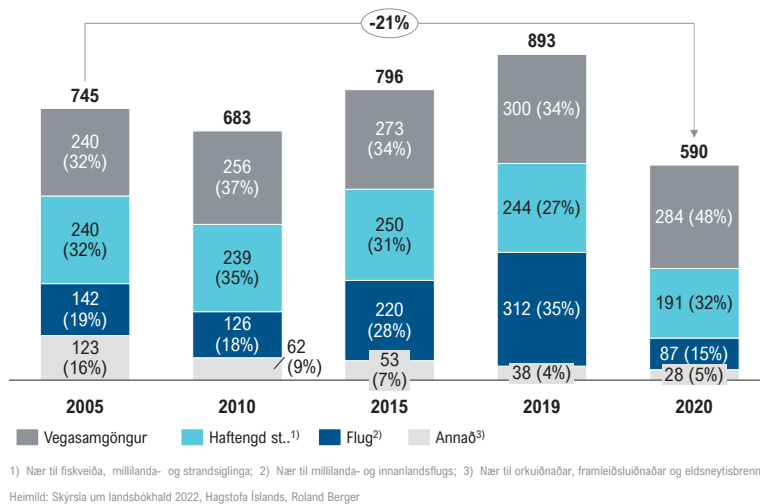
⁷ Eldsneytisnotkun og losunartölur fyrir árið 2020 sýna frávik frá þróun undanfarinna ára vegna áhrifa COVID-19-heimsfaraldursins. Árið 2019 var heildarnotkun jarðfnaeldsneytis 893 kt eða 52% meiri en árið 2020.

Notkun jarðefnaeldsneytis á Íslandi eftir eldsneytistegund, 2005–2020 [kt]



Mynd 6. Notkun jarðefnaeldsneytis á Íslandi eftir eldsneytistegund (2005-2020) – Tölur eru örlítið frábrugðnar sundurliðun eftir geirum vegna mismunandi skýrslugjafar.

Notkun jarðefnaeldsneytis á Íslandi eftir geirum, 2005–2020 [kt]

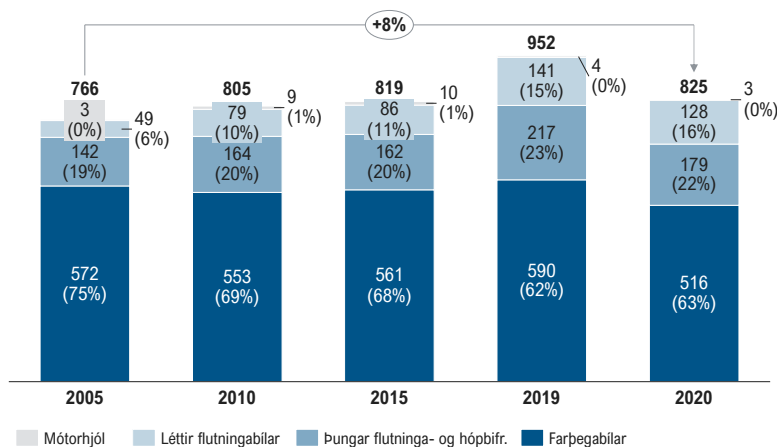


Mynd 7. Notkun jarðefnaeldsneytis á Íslandi í vegasamgöngum, fiskveiðum, siglingum og flugi (2005-2020) – Tölur eru örlítið frábrugðnar sundurliðun út frá eldsneytistegund vegna mismunandi skýrslugjafar.

Þótt losun frá samgöngum innanlands⁸ hafi aukist úr 617 kt CO₂-íg. árið 1990 í 863 kt CO₂-íg. árið 2020, minnkaði losun frá fiskiskipum á sama tímabili úr 746 í 508 kt CO₂-íg., einkum vegna endurnýjunar fiskiskipaflotans og hagræðingar í greininni. Á báðum þessum sviðum verður mestöll losun til við bruna jarðefnaeldsneytis til að knýja vélar. Losun og notkun jarðefnaeldsneytis í fluggeiranum minnkaði umtalsvert árið 2020 vegna samdráttar í flugumferð af völdum COVID-19. Gert er ráð fyrir að hér sé aðeins um tímabundna þróun að ræða.

Vegasamgöngur

Losun frá vegasamgöngum, 2005–2020 [kt CO₂íg.]



Heimild: Hagstofa Íslands, Skýrsla um landsbókhald, Roland Berger

Mynd 8. Losun frá vegasamgöngum á Íslandi (2005-2020).

Alls losuðu vegasamgöngur 825 kt CO₂-íg. árið 2020. Notkun dísilolíu (199,9 milljónir lítra) var stærsti þátturinn, þar á eftir bensínnotkun (122,1 milljónir lítra), lífdísil (14,8 milljónir lítra) og etanól (14,0 milljónir lítra). Lífmétan (1,440 t) og vetni (0,4 t) gegndu óverulegu hlutverki í eldsneytisnotkun árið 2020 að því er vegasamgöngur varðar.

Bílar & mótorkjól



Losun gróðurhúsalofttegunda frá bílum og mótorkjólum hefur aukist verulega á síðustu 30 árum vegna aukinnar ferðamennsku, fólksfölgunar, vaxandi bílaeignar á einstakling,

⁸Tekur til samgangna á vegum, innanlandsflugs og strandsiglinga.



fleiri keyrðra kílómetra og almennt stærri ökutækja. Af þeim sökum voru bílar stærsti losunarvaldurinn í vegasamgöngum með 516 kt CO₂-íg. árið 2020.

Flestir bílar sem skráðir eru á Íslandi eru bensínknúnir, þar á eftir koma dísilbílar. Hins vegar hefur tvinnbílum og rafbílum fjölgað mikið á undanförunum árum. Frá 2015 til 2020, fjölgaði tengiltvinnbílum um 122% á ári en rafbílum um 67% á ári. Einkabílar eru langstærstur hluti hinna nýskráðu ökutækja.

Ísland hefur nú keppt að því að draga úr kolefnislosun frá vegasamgöngum í meira en tíu ár. Yfirlýst markmið um 10% hlutdeild endurnýjanlegrar orku í heildareldsneytisnotkun í vegasamgöngum árið 2020 stóðst og rúmlega það, hún varð 11,4%. Þessi tala felur í sér rafmagn, lífdísil, metan og vetni. Til samanburðar var hlutdeild endurnýjanlegs eldsneytis árið 2019 9,5%. Ein ástæðan fyrir þessum vexti er mikil fjölgun nýskráðra raf- og tvinnbíla. Þetta var mikilvægur áfangi í átt að sjálfbærni. Þessi góði árangur endurspeglar einnig hlutfall tengilrafbíla í sölu nýrra bíla, sem var það næsthæsta á heimsvísu árið 2020 eða 45%.⁹

⁹ Þ.m.t. tengiltvinnbílar og létt ökutæki, að undanskildum atvinnuökutækjum.

Létt ökutæki



Þáttur létttra ökutækja í heildarlosun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi árið 2020 var 128 kt CO₂-ígilda. Flest létt ökutæki sem skráð eru á Íslandi eru knúin með dísilolíu, þar á eftir kemur bensín, en óhefðbundnar eldsneytistegundir gegna óverulegu hlutverki enn sem komið er. Fjölgun ökutækja sem ganga fyrir óhefðbundnu eldsneyti er mun minni í þessum flokki en í flokki bíla, hins vegar gæti þetta breyst í framtíðinni með nýjum aðgerðum sem lýst er í aðgerðaáætluninni í loftslagsmálum.

Þung ökutæki



Enda þótt rafvæðing sé frábær leið til að draga úr kolefnislosun á ýmsum sviðum samgangna, er mun erfiðara að ná hagkvæmri rafvæðingu á öðrum sviðum þar sem stærri og þyngri ökutæki eða skip eiga í hlut eða þar sem þörf er á mikilli drægni. Á þessum sviðum getur óhefðbundin tækni, svo sem efnarafalar sem ganga fyrir vetni, komið til nota.

Þó að um mun færri ökutæki sé að ræða í þessum undirflokki er losun gróðurhúsalofttegunda hlutfallslega meiri: um 179 kt CO₂-íg. árið 2020. Næstum öll þung ökutæki sem skráð eru á Íslandi ganga fyrir dísilolíu en bensín og óhefðbundnar eldsneytistegundir gegna óverulegu hlutverki. Til að ná kolefnishlutleysi þungra ökutækja er hægt að kanna möguleika á notkun efnarafala sem ganga fyrir vetni.

Siglingar



Losun frá strand- og alþjóðasiglingum nam 103 kt CO₂-íg. árið 2020. Þar af losuðu strand-siglingar 25 kt CO₂-íg. og alþjóðasiglingar 78 kt CO₂-íg. Eldsneytisneysla nam alls 38 milljónum lítra af dísilolíu.

Engin svartolía eða óhefðbundið eldsneyti, s.s. lífdísilolía, var notað í millilanda- eða strandsiglingum árið 2020.¹⁰ Heildarlosun frá siglingum og fiskveiðum er minni en frá vegasamgöngum. Engu að síður er hún veruleg og nauðsynlegt er að bregðast við henni á þann hátt að hún grafi ekki undan markmiðum Íslands í loftslagsmálum.

Öfugt við samgöngur á vegum, þar sem ráðstafanir til að draga úr kolefnislosun liggja mun ljósar fyrir, eru margar leiðir til að draga úr kolefnislosun í siglingum og fiskveiðum; þær eru þó ekki allar viðskiptalega hagkvæmar né eru sumar þeirra svo tæknilega vel á veg komnar að hægt sé með þeim að binda enda á kolefnislosun alls skipaflotans. Tvær álitlegustu leiðirnar, sem geta einnig nýtt nýja vetnisinnviði, nýta annars vegar rafammóníak og hins vegar rafmetanól. Að auki er rafvæðing lausn sem lofar góðu fyrir skip í styttri ferðum.

¹⁰Samkvæmt Skýrslu um landsbókhald 2022.

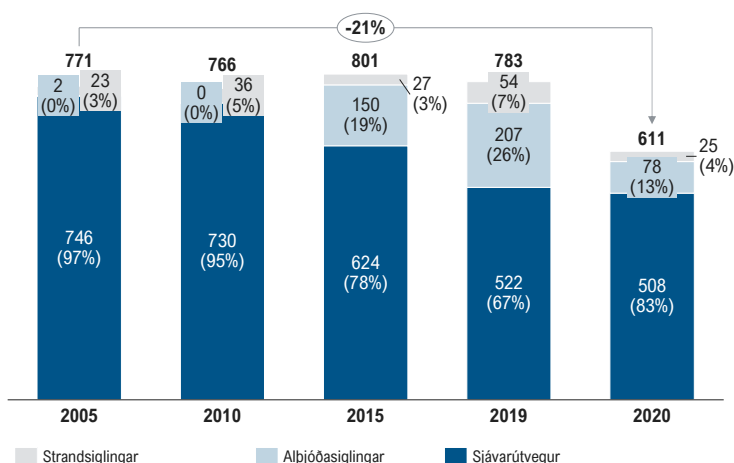
Fiskveiðar



Sjávarútvegur á Íslandi á sér langa hefð og er einn veigamesti atvinnuvegur landsins í dag. Í gegnum tíðina hefur hann átt mestan þátt í losun gróðurhúsalofttegunda. Á síðustu 20 árum hefur losun frá fiskveiðum minnkað samfara hagræðingu fiskiskipaflotans og nýrri skipum.

Árið 2020 nam losun (CO₂-íg.) frá fiskiskipum 508 kt, sem byggðist á brennslu 188,9 milljón lítra af dísilolíu og 85 þúsund lítra af lífdísilolíu. Engin svartolía var notuð.¹¹ Eins og gildir um skemmtiferða- og flutningaskip er sú leið að draga úr kolefnislosun með því að nota rafammóníak og/eða rafmetanól álitlegur kostur til að ná samdrætti í kolefnislosun til lengri tíma, en hvort tveggja byggir á vetnisframleiðslu.

Losun frá siglingum og fiskveiðum, 2005–2020 [kt CO₂-íg.]



Heimild: Hagstofa Íslands, Skýrsla um landsbókhald, Roland Berger

Mynd 9. Losun frá siglingum og fiskveiðum (2005-2020).

¹¹Samkvæmt Skýrslu um landsbókhald 2022.

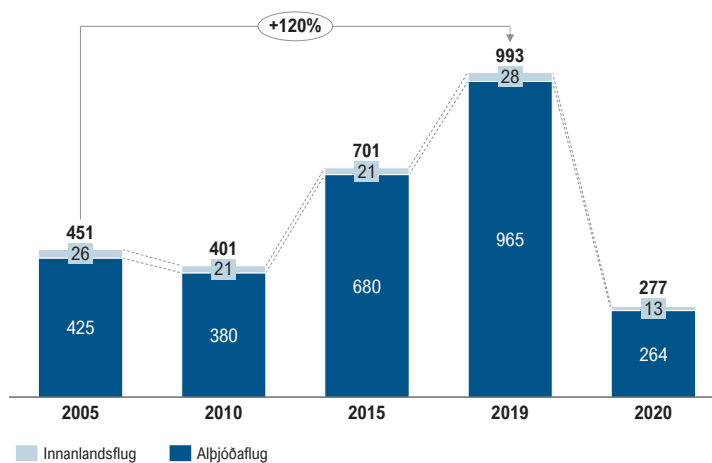
Flugstarfsemi



Millilanda- og innanlandsflug losaði 277 kt CO₂-íg. árið 2020; losun frá millilandaflugi var 264 kt CO₂-íg. (95%) og frá innanlandsflugi 13 kt CO₂-íg. (5%).

Áður en COVID-19-heimsfaraldurinn braust út var alþjóðaflugið langsamlega stærsti losunarvaldurinn í samgöngum og hafði losunin aukist verulega allan síðasta áratug. Árið 1990 nam losun frá flugi aðeins 221 kt CO₂-íg. Þessi tala fjórfaldaðist til ársins 2019, með vaxandi fjölda flugferða vegna aukinnar ferðapjónustu og millilendinga.

Losun frá innanlands- og alþjóðaflugi, 2005–2020 [kt CO₂-íg.]



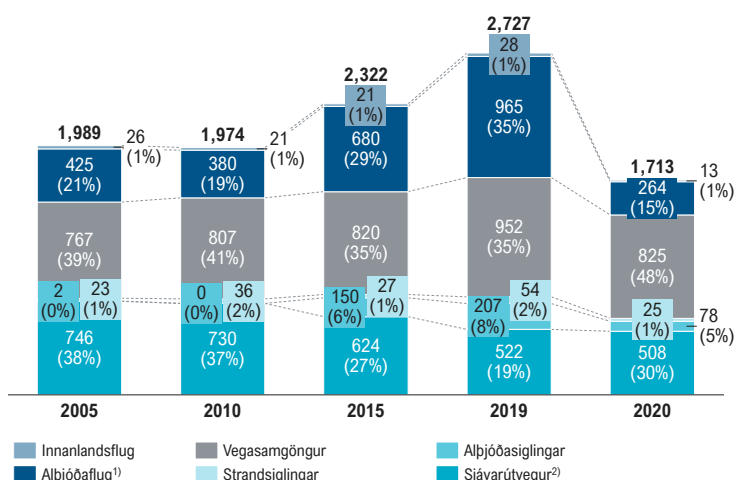
Mynd 10. Losun frá flugstarfsemi á Íslandi (2005-2020).

Árið 2020 nam kerosennotkun í innanlandsflugi 5 milljónum lítra og í alþjóðaflugi 101 milljón lítra. Orkustofnun gerir ráð fyrir að orkunotkun í alþjóðaflugi aukist verulega frá 2020 til 2025, eftir því sem greinin jafnar sig eftir áfallið af COVID-19, og spáir hóflegum vexti frá 2025. Í innanlandsflugi er gert ráð fyrir lítilsháttar samdrætti.

Þótt Ísland hafi ekki skilgreint sérstök sérmarkmið varðandi hlutdeild endurnýjanlegrar orku í alþjóðaflugi, þá tekur Ísland, sem aðili að EEA, þátt í sameiginlegu regluverki og markmiðum ESB. Þar á meðal eru markmið hvað varðar alþjóðlegar flugsamgöngur innan ESB. Flugstarfseminni fylgir umtalsverður eldsneytisinnflutningur ár hvert, sem þýðir að þar er tækifæri fyrir Ísland til að draga úr þörf sinni fyrir innflutt jarðefnaeldsneyti og verða brautryðjandi á sviði sjálfbærs flugeldsneytis.



Heildarlosun frá samgöngum, sundurliðað, 2005–2020 [kt CO₂e]



1) Þ.m.t. Icelandair & WOW air (hætti starfsemi árið 2019); 2) Að frátalinni losun frá kælingu við flutning á vegum (yfirleitt vetnisflúórókölefnis- og perflúórókölefnislosun)
Heimild: Hagstofa Íslands, Skýrsla um landsbókhald, Isavia, Roland Berger

Mynd 11. Losun Íslands frá innanlands- og millilandasamgöngum (2005-2020).

1.2 Markmiðin: Samdráttur í losun koldíoxíðs og orkumarkmið í vegasamgöngum, haftengdri starfsemi og flugi

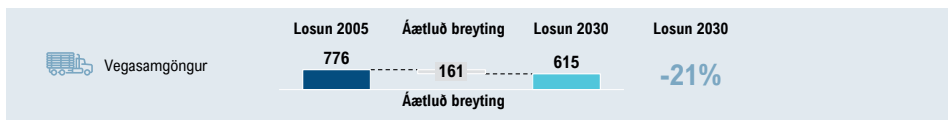
Hin uppfærða aðgerðaáætlun í loftslagsmálum, sem kynnt var árið 2020, hefur að geyma 48 aðgerðir til að minnka losun gróðurhúsalofttegunda um ríflega milljón tonn CO₂-íg. til ársins 2030 miðað við losun ársins 2005. Sérstök markmið voru sett fyrir hvern undirgeira.¹²

¹² Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum (Október 2020).

Vegasamgöngur



Stefnt er að því að minnka losun frá vegasamgöngum um 161 kt CO₂-íg. miðað við losun 2005, eða niður í 615 kt CO₂-íg. árið 2030. Markmiðið er stutt tíu aðgerðum í aðgerðaáætluninni í loftslagsmálum.



Mynd 12. Markmið um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda til ársins 2030 — Vegasamgöngur.

Í aðgerðaáætlun íslenskra stjórnvalda í loftslagsmálum eru settar fram tíu aðgerðir sem snúa að samgöngum á landi:

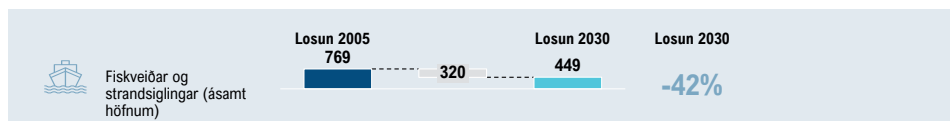
1. Innviðir fyrir virka ferðamáta¹³
2. Ívilnanir fyrir virka ferðamáta
3. Efling almenningssamgangna
4. Ívilnanir fyrir vistvæn ökutæki
5. Innviðir fyrir vistvæn ökutæki
6. Lög og reglur vegna orkuskipta
7. Nýskráning bensín- og dísilbíla óheimil árið 2030
8. Orkuskipti í þungaflutningum
9. Vistvænir bílaleigubílar
10. Skylda ríkisaðila til að kaupa vistvænar bifreiða

¹³ Með virkum ferðamátum er t.d. átt við notkun hjóla og göngu. Innviðir fyrir virka ferðamáta taka þannig m.a. til hjóla- og göngustíga og brúa.

Siglingar og fiskveiðar



Að því er varðar skip og hafnir er markmiðið að minnka losun um 320 kt CO₂-íg. miðað við 2005 og komast niður í 449 kt CO₂-íg. árið 2030.



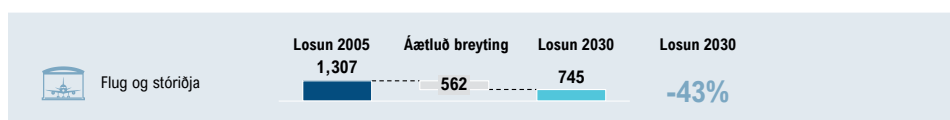
Mynd 13. Markmið um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda til ársins 2030 — Fiskveiðar og strandsiglingar.

Aðgerðir samkvæmt aðgerðaáætlun í loftslagsmálum varðandi skip og hafnir eru:

1. Orkuskipti í sjávarútvegi
2. Rafvæðing hafna
3. Bann við notkun svartolíu
4. Orkuskipti í ferjum
5. Orkuskipti í skipum á vegum ríkisins

Vetni og rafeldsneyti gætu gegnt mikilvægu hlutverki við að koma mörgum þessara aðgerða í framkvæmd.

Flug



Mynd 14. Markmið um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda til ársins 2030 — Flug og stóriðja.

Losunarmarkmiðið fyrir íslenska flugstarfsemi (innan- og utanlandsflug) og stóriðju hljóðar upp á minnkun gróðurhúsalofttegunda um 43% til 2030 miðað við losun 2005. Ísland er þátttakandi í Viðskiptakerfi ESB með losunarheimildir (ETS) í flugstarfsemi, en kerfinu er ætlað að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og koma í veg fyrir kolefnisleka til annarra landa. En auk þess eru til tækniáðferðir sem hægt er að nýta til viðbótar við aðgerðir innan ETS og gæfu möguleika á að draga enn frekar úr GHG-losun og fleyta þannig Íslandi áfram í átt til kolefnishlutleysis. Ein álitleg tækniáðferð sem gæti haft bein áhrif er rafkerosen, en það er rafeldsneytisafleiða sem er framleidd með vetni og kolefni. Einnig mætti skoða annað eldsneyti án jarðefna (t.d. lífeldsneyti úr landbúnaðarúrgangi eða notaða matarolíu).

Samkvæmt aðgerðaáætluninni í loftslagsmálum eru aðgerðir sem beinast að fluggeiranum eftirfarandi:

1. Hertar reglur í viðskiptakerfi með losunarheimildir (ETS)¹⁴

2. Þátttaka í alþjóðlegu kerfi um samdrátt í losun frá flugi

Í apríl 2023 komust Evrópuþingið og leiðtoga ráð ESB að pólitísku samkomulagi um tillöguna „ReFuelEU Aviation“.¹⁵ Reglugerðin¹⁶ frá september 2023 skyldar flugeldsneytisbirgja til að tryggja að allt eldsneyti sem flugrekendum stendur til boða á flugvöllum í ESB innihaldi lágmarkshlutfall sjálfbærs flugeldsneytis (e. sustainable aviation fuel, SAF) og efnaeldsneytis. Lágmarkshlutfall SAF á ári er 2% frá árinu 2025, 6% frá árinu 2030, 20% árið 2035, 34% árið 2040, 42% árið 2045 og 70% árið 2050. Ákveðinn hluti sjálfbærs flugeldsneytis skal vera efnaeldsneyti (e. synthetic fuel), eða 1,2% að meðaltali á tímabilinu 2030-2031 (þar af 0,7% að lágmarki hvort árið), 2% að meðaltali á tímabilinu 2032-2034 (þar af 1,2% að lágmarki árin 2032 og 2033, og 2% að lágmarki 2034), 5% að lágmarki árið 2035, 10% árið 2040, 15% árið 2045 og 35% árið 2050.

Markmið um hlutdeild endurnýjanlegrar orku



Árið 2017 samþykkti Alþingi ályktun um aðgerðaráætlun um orkuskipti þar sem sett eru fram úrræði til að auka hlut endurnýjanlegrar orku í samgöngum, haftengdri starfsemi og flugstarfsemi. Þessi markmið hafa að geyma tvo mikilvæga áfanga til ársins 2030:

1. 40% hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa í vegasamgöngum og

2. 10% hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa í haftengdri starfsemi

¹⁴ Viðskiptakerfi ESB fyrir losunarheimildir (ETS).

¹⁵ Ráð Evrópusambandsins (9. október 2023)

¹⁶ Evrópusambandið (20. september 2023)

Auk þess kannar ríkisstjórnin markmið fyrir innanlandsflug og hefur í drögum frá 2022 mælt með að stefna að 20% hlutdeild endurnýjanlegrar orku til ársins 2030.¹⁷

Þessi markmið fylgja orkubókhaldsstöðlunum um hlut endurnýjanlegrar orku (e. renewable energy share, RES) sem sýna orkunotkun sem hlutfall af heildarorkunotkun landsins. RES-hlutföll taka til orku sem notuð er á eftirfarandi undirsviðum samgangna:

1. Þungaflutningum á vegum

2. Strand- og alþjóðasiglingum og fiskveiðum, og

3. Innanlands- og alþjóðaflugi.

Við útreikning á heildarorkunotkun, sem er mikilvægur til að mæla hvort landsbundin markmið, sem og bráðabirgðamarkmið tilskipunarinnar um endurnýjanlega orku (e. Renewable Energy Directive, RED) og landsbundnu aðgerðaáætlunarinnar um endurnýjanlega orku (e. National Renewable Energy Action Plan, NREAP) séu uppfyllt, er hlutdeild orkunotkunar í flugi í samanburði við heildarorkunotkun reiknuð 6,18% að hámarki (meðaltal Bandalagsins)¹⁸.

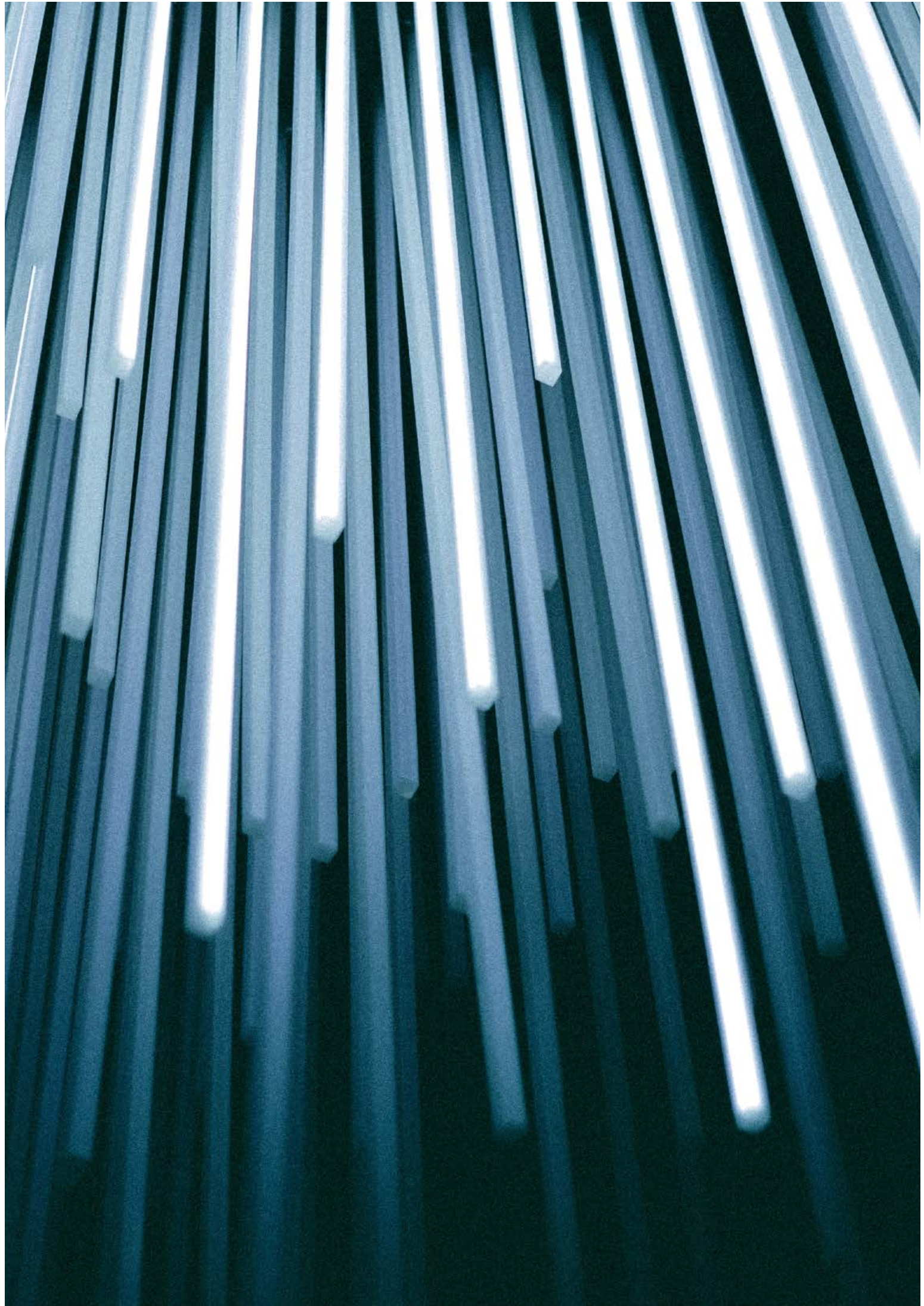
Endurnýjanleg orka telst fjórfalt orkuinnihald sitt við útreikning varðandi 14%-markmiðið um endurnýjanlega orku í samgöngum (sem gildir fyrir aðildarríki ESB) þegar það er notað í ökutækjum.¹⁹ Eldsneyti sem notað er í flugi og haftengdri starfsemi má telja með í 14%-markmiðinu fyrir samgöngur en það fellur ekki undir skuldbindingu. Endurnýjanlegt eldsneyti sem er ekki matvæli, sem fer til þessara geira, telst 1,2 sinnum orkuinnihaldið. Margföldunarstuðlar fyrir hreint vetni hafa ekki verið skilgreindir.

Í stefnuskjölum ríkisstjórnarinnar kemur einnig fram að hún miðar að því að landið verði óháð jarðefnaeldsneyti árið 2040. Í þessu felst að til að ná þessu markmiði stefnir Ísland að því að ná 100% hlut endurnýjanlegrar orku (RES-hlutfall) á öllum þremur sviðum samgangna (á landi, sjó og með flugi).

¹⁷ Samráðsgátt, Orkuskipti í Flugi (2022)

¹⁸ Þegar aðildarríki reiknar út innlenda orkunotkun getur það hunsað hvers konar orku fyrir flugstarfsemi sem er umfram 1,5 sinnum landsmeðaltal flugtengdrar orku í ESB. Landsmeðaltal losunar frá flugi var 4,12% árið 2005, þannig að hámarkshlutfall orku frá flugi, sem verður að telja með í landsbundnu bókhaldi, var ákvarðað 1,5*4,2 = 6,18%. Malta og Kýpur þurfa ekki að taka nema 4,12% með í reikninginn. (Norden – Sustainable jet fuel for aviation)

¹⁹ ESB — Endurnýjanleg orka — Breytingar til 2030 (RED II).



2. Framtíðarsýn: Möguleikar vetnis á Íslandi

Vetni er almennt talið vera einn mikilvægasti orkuberinn þegar litið er til þess að draga úr kolefnislosun og berjast þannig gegn loftslagsbreytingum á komandi áratugum. Alþjóðaorkumálastofnunin áætlað að í viðleitninni til kolefnishlutleysis muni vetnisnotkun fara yfir 200 milljónir tonna árið 2030 — úr 90 milljónum tonna árið 2020 — en þar af þyrftu ríflega 50% að vinnast með endurnýjanlegri orku og rafgreiningu. Grænt vetni gerir kleift að draga úr kolefnislosun í geirum þar sem erfitt er að koma því við, svo sem í þungaflutningum, þar sem vetni getur komið í stað notkunar jarðefnaeldsneytis, eða áburðariðnaðinum, þar sem vetni er notað sem hráefni.

Á Íslandi er gert ráð fyrir að vetni og rafeldsneyti (s.s. rafammóníak, rafmetanól og rafdísil) muni gegna lykilhlutverki í því að draga úr kolefnislosun í samgöngum, sérstaklega á þeim sviðum þar sem rafhlöðulausnir og þar með bein rafvæðing kann að vera óálitlegri kostur. Í þessu sambandi má nefna þungaflutninga á vegum og ýmsa haftengda starfsemi, bæði fiskiskip og siglingar. Með tilliti til þessa hafa íslensk stjórnvöld, í aðgerðaáætlun sinni um orkustefnu, lagt mikla áherslu á aðgerðir á þessum tveimur sviðum samgangna, ásamt því að kanna hugsanlega nýtingu vetnis til rafkerosenframleiðslu fyrir innanlands- og alþjóðaflug á næstu áratugum.

2.1 Fyrri, núverandi og fyrirhuguð verkefni og frumkvæði í vetnisiðnaði

Metnaður Íslands á sviði vetnis byggist á langri reynslu, bæði af framleiðslu sem og nýtingu vetnis í tengslum við verkefni með efnarafala sem hafa farið fram á undanföllum 20 árum. Landið var í brautryðjandahlutverki þegar þessi iðnaður var á frumstigi og eitt þeirra fyrstu til að hrinda af stað tilraunaverkefni með vetnisknúnum farartækjum á fyrstu árum aldarinnar.

Innan ramma verkefnisins „Vístvænt borgarsamgöngukerfi“ (e. Ecological City Transport System, ECTOS), að hluta til styrkt af ESB, var gerð tilraun með þrjá vetnisstrætisvagna, vetnisframleiðslu, geymslu og vetnisáfyllingarstöð til að prófa kosti tækninnar ásamt innviðum í raunverulegu almenningssamgöngukerfi borgar. Á meðan á verkefninu stóð keyrðu vagnarnir meira en 140.000 km og notuðu ríflega 27.000 kg af vetni. Verkefnið, sem var undir forystu Íslenskrar NýOrku, var starfrækt frá 2001 til 2005. En vagnarnir voru einnig notaðir síðar í verkefninu „European HyFLEET:CUTE“ (Hreinar samgöngur í þéttbýli fyrir Evrópu) þar eð árangurinn fór fram úr væntingum.

Í framhaldi af hinum góða árangri í ECTOS-verkefninu hélt Íslensk NýOrka áfram að prófa farþegabifreiðar með vetnisrafala undir merkjum SMART-H2-verkefnisins („Sjálfbærar

samgöngur á sjó og landi — Vetni á Íslandi“). Fyrirtækið rak 35 bifreiðar frá 2007 til 2012 og nýtti jafnframt þá vetnisframleiðslu, geymslu og vetnisáfyllingarstöð sem var til staðar eftir ECTOS. Auk þess var ljósavél í hvalaskoðunarskipi búin út með efnarafali — sú fyrsta sinnar tegundar í heiminum.

Verkefni fóru fram þegar vetnistæknin var enn á frumstigi, sem leiddi til mikillar þekkingarsköpunar í landinu. Meðfram ECTOS og SMART-H2 fóru fram umfangsmiklar tækni- og félagsfræðirannsóknir sem bæði íslenskar og alþjóðlegar rannsóknarstofnanir stóðu fyrir. Ísland varð því miðstöð hagnýtra vetnistrannsókna og stuðlaði að frekari tækniþróun og sýnileika vetnisrafalatækni á heimsvísu. Meðan á ECTOS-verkefninu stóð heimsóttu það nokkur hundruð fjölmiðlafyrirtæki og meira en tíu heimildarmyndir urðu til, sem styrkti enn frekar markaðssókn tækninnar og framsækna stöðu Íslands.

Eftir undirritun Parísarsamkomulagsins árið 2015 settu íslensk stjórnvöld fram frekari markmið um samdrátt kolefnislosunar í vegasamgöngum og áhugi á vetni glæddist að nýju. Frá árinu 2018 hefur Íslenska vetnisfélagið, sem Orkan stofnaði í samstarfi við NEL Hydrogen og Hydrogen Mobility Europe (H2ME), opnað þrjár vetnisstöðvar fyrir farþegabifreiðar í Reykjavík og Reykjanesbæ nálægt Keflavíkurflugvelli. Vetnið er afhent með flutningabílum frá framleiðslustaðnum við Hellsheiðarvirkjun. Rafgreinirinn, sem er 700 kW og starfræktur af ON Power, þjónar þeim 20-30 vetnisrafalabílum sem starfræktir eru á Íslandi.

Í kjölfar þessara nýju tækifæra fyrir íslenskt vetni hafa ný þróunarfyrirtæki komið inn á markaðinn síðustu ár og starfa alls staðar í vetnisvirðiskeðjunni, allt frá framleiðslu til flutninga og dreifingar. Þau kanna tækifæri fyrir ný viðskiptalíkön, bæði í sambandi við innlenda notkun og hugsanlegan útflutning. Flestar athuganir beinast að hraðri vetnisvæðingu þungaflutningabifreiða og uppbyggingu vetnisáfyllingarstöðva út um landið. Einnig er verið að kanna vetnis- og rafeldsneytisframleiðslu til notkunar í skipum og flugi, ásamt útflutningsmöguleikum fyrir grænt vetni og rafeldsneyti.

Það var einnig á Íslandi sem fyrsta verksmiðjan fyrir framleiðslu á sjálfbæru metanóli í stórum stíl var byggð af Carbon Recycling International, með 6 MW rafgreiningargetu. Allt frá árinu 2012 framleiddi verksmiðjan árlega 4.000 tonn af vottuðu endurnýjanlegu metanóli með því að nota koldíoxíð frá nærliggjandi jarðhitavirkjun í Svartsengi. Metanólið var selt alþjóðlegum kaupendum.

Önnur vetnisverkefni á fyrstu stigum eru m.a.:

-
- Fýsileikakönnun á hagkvæmni nýrrar rafeldsneytisverksmiðju við járnblandiverksmiðjuna á Grundartanga. Verksmiðjan gæti framleitt grænt vetni með rafgreiningu og nýtt CO₂-losun frá framleiðsluferlinu til að framleiða grænt metanól. Könnunin er unnin af Carbon Recycling International, Landsvirkjun, Elkem og Þróunarfélagi Grundartanga.
-

-
- Áformuð græn vetnisframleiðsla með rafgreiningargetu sem nægði til að vetnisvæða þungaflutningabíla, auk þess að framleiða vetni til notkunar í „vetnisdal“. Verkefnið er nú í þróun á vegum Landsvirkjunar, í samvinnu við Linde og aðra hagsmunaaðila, og skipulagning athafnasvæða er í gangi.
-
- Könnun á verkefni sem miðar að uppbyggingu „grænnar skipahafnar“ í Finnafríði. Mikilvægur þáttur í þeirri uppbyggingu gæti falist í framleiðslu á grænu vetni og rafeldsneyti.
-
- Í júlí 2021 og september 2022 skrifaði Ícelandair undir tvær viljayfirlýsingar, annarsvegar við Universal Hydrogen, hins vegar Heart Aerospace, til að kanna möguleika á raf- og vetnisknúnum flugvélum fyrir innanlandsflug. Ícelandair stefnir að því að starfa án kolefnislosunar á innanlandsleiðum í lok þessa áratugar.
-
- Í ágúst 2021 var tilkynnt um samstarf HS Orku og Hydrogen Ventures Limited (H2V) um að þróa græna metanólframleiðslu við Reykjanesvirkjun með notkun græns vetnis, til að knýja skip auk innlendra farartækja og atvinnuökutækja, s.s. bíla, sendibíla og vörubíla. Gert er ráð fyrir að orkunotkunin verði 60 MW frá jarðvarmavirkjunum til að framleiða grænt metanól, auk þess sem megnið af því koldíoxíði sem losnar frá starfsemi HS Orku verður nýtt í vinnslunni. Áætluð fjárfesting er um 150 milljónir evra, sem samsvarar ríflega 20 milljörðum íslenskra króna.
-
- Í október 2021 komu Fjarðabyggð, Landsvirkjun og Copenhagen Infrastructure Partners (CIP) að því að kanna möguleika á að starfrækja vetnisframleiðslu í grænum orkugarði á Reyðarfirði, undir heitinu „Orkugarður Austurlands“. Áformað er að framleiða 200 kt af ammóníaki á ári og að rafgreiningargetan verði 250 MW. Viljayfirlýsingar hafa verið undirritaðar við mögulega notendur og orkubirgja (s.s. Skeljung, Fjarðabyggð, Síldarvinnsluna, Atmonia og Arctic Hydro). Stefnt er að því að starfsemi hefjist 2028 eða 2029.
-
- Í nóvember 2021 tilkynntu Green Fuel og Topsoe að fyrirtækin mundu sameiginlega skoða tækni fyrir framleiðslu á grænu ammóníaki á Íslandi. Green Fuel áformar að reisa vetnis- og ammóníaksverksmiðju á Bakka við Húsavík. Áætluð heildarflörf er 100 MW til að framleiða grænt ammóníak, bæði til útflutnings og til að knýja íslensk skip. Ammóníakið sem Green Fuel hyggst framleiða mundi duga til að knýja þriðjung íslenska fiskiskipaflotans. Fyrirhugað er að framleiða 105 kt af ammóníaki á ári, eða 300 tonn á dag.
-
- Í apríl 2022 stofnuðu Landsvirkjun og þýska fjárfestingarfyrirtækið PCC SE til samstarfs um að kanna saman möguleikann á að fanga og nýta kolefni sem kísilmálmsverksmiðja PCC á Bakka við Húsavík losar. Kolefnislosunin yrði nýtt til að framleiða grænt metanól með grænu vetni sem getur komið í stað jarðefnaeldsneytis í skipum og iðnaði.
-

-
- Í maí 2022 tilkynntu Landsvirkjun og Verne Global, sem veitir sjálfbæra gagna- versþjónustu fyrir stórvirka tölvuvinnslu, um samstarf þar sem Verne Global mun prófa og setja upp vetnisefnarafala til að tryggja áreiðanlegt og sjálfbært varaafli fyrir gagnaver sitt á Íslandi.
-
- Í júlí 2022 tilkynnti Vetnis Iceland að fyrirtækið hefði skrifað undir fjármögnunarsamning við þýska eignastýringarfyrirtækið Prime Capital AG. Vetnis vinnur að uppbyggingu vetnisinnviða á Íslandi, með sérstaka áherslu á afhendingu eldsneytis fyrir þungaflutninga á vegum.
-
- Í september 2022 skrifuðu Landsvirkjun og Eimskip undir viljayfirlýsingu um að gera sameiginlega greiningu á markaðsaðstæðum og tæknipróun að því er varðar nýtingu vetnis eða rafeldsneytis í samgöngum með það fyrir augum að leysa jarðefnaeldsneyti af hólmi. Nánar tiltekið beinist hún að orkuskiptum í land- og sjóflutningaflota Eimskips. Með hliðsjón af niðurstöðu þessarar greiningar munu fyrirtækin tvö skoða möguleikana á framtíðarviðskiptum sín á milli með vetni eða rafeldsneyti sem Landsvirkjun eða samstarfsaðilar hennar framleiða.
-
- Í mars 2023 undirrituðu Iðunn H2 og Icelandair viljayfirlýsingu um að Iðunn H2 sjái flugfélaginu fyrir allt að 45 kt árlega af sjálfbæru flugeldsneyti (SAF) sem framleitt verður úr grænu vetni. Fyrirhugað er að verksmiðjan verði í nágrenni við Keflavíkflugvöll og að orkuþörf hennar verði 300 MW af endurnýjanlegri orku en framleiðslugeta hennar verði 65 kt af SAF á ári. Fýsileikakönnun hefur farið fram og er áætlað að verksmiðjan geti hafið starfsemi fyrir árslok 2027.
-
- Carbon Iceland hyggst reisa verksmiðju til framleiðslu á grænu eldsneyti, með afkastagetu upp á 110-330 kt af rafmetanóli, DME og öðrum efnum sem gætu hentað fyrir haftengda starfsemi, flug og þungavélar. Bæði Grundartangi og Bakki eru til skoðunar og áætlað fyrirtækið að hefja framleiðslu fyrir árslok 2026.
-
- Qair Iceland vinnur að því að þróa vetnisframleiðslu á Grundartanga. Lóðinni hefur verið úthlutað og umhverfismat er hafið. Qair hyggst knýja vetnisverksmiðjuna með vindorku frá verkefnum sem fyrirtækið hefur verið að þróa síðan 2018. Qair vinnur einnig að tilraunaverkefni með vetnisinnviði (vetnisáfyllingarstöðvar og framleiðslu) í samstarfi við Orkuna IS ehf.
-
- Nokkrar nýlegar rannsóknargreinar og framtaksverkefni á vegum ríkisstjórnarinnar, Háskóla Íslands og annarra hagsmunaaðila snerust um fýsileika þess að framleiða vetni og rafeldsneyti og taka í notkun.
-

Árið 2020 samþykkti framkvæmdastjórn Evrópusambandsins sérstaka áætlun um vetni fyrir Evrópu. Í kjölfarið hafa nokkur Evrópulönd samið eigin stefnu og áhugi á vetnisgeiranum hefur aukist. Þar sem mörg lönd í Evrópu verða áfram háð innflutningi vetnis í framtíðinni vegna takmarkaðrar grænnar framleiðslugetu innanlands, hafa lönd byrjað að kanna framboð annars staðar.

Í júní 2021 lauk Landsvirkjun ásamt hafnaryfirvöldum í Rotterdam forfýsileikakönnun vetnisframleiðslu á Íslandi og útflutningi í kjölfarið. Samkvæmt niðurstöðum könnunarinnar gæti verið fjárhagslega ábatasamt og tæknilega mögulegt að flytja út vetni eða rafeldsneyti fyrir árið 2030.²⁰

Í ljósi þessarar reynslu, frumtilrauna og tækniþekkingar er Ísland ákjósanlega í stakk búið til að byggja upp eigin vetnisgeira innanlands og munu íslensk stjórnvöld láta í té nauðsynlegan ramma til að þessi atvinnugrein geti tekið flugið.

2.2 Möguleikar vetnis í vegasamgöngum, haftengdri starfsemi og flugi

Til að þau markmið náist sem íslensk stjórnvöld hafa sett fram er nauðsynlegt að taka upp notkun óhefðbundinna endurnýjanlegra orkugjafa á öllum sviðum samgangna. Viðskiptaleg hagkvæmni vetnis- og annarrar tækni er breytileg í hverjum geira.

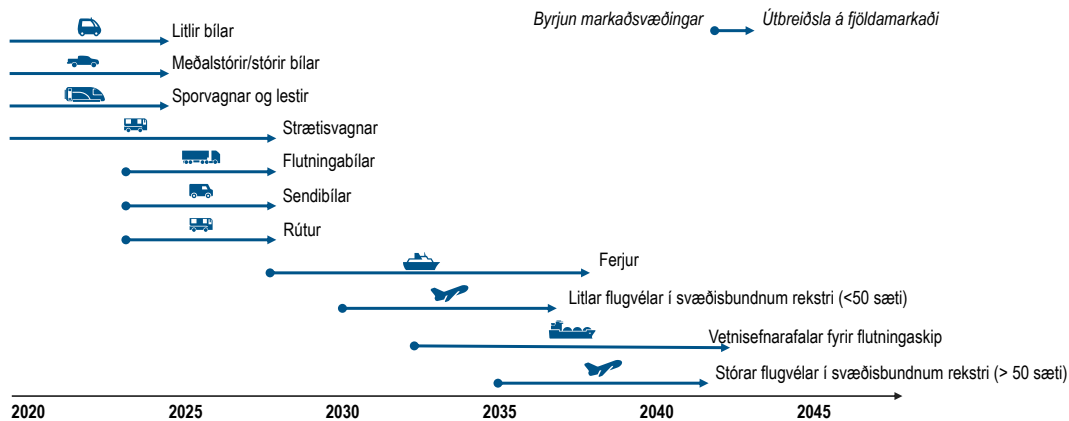
Þegar litið er til þungaflutninga á vegum hillir undir að óhefðbundið eldsneyti sem byggist á vetni komi á markað; nokkur tilraunaverkefni á þessu sviði eru í gangi í heiminum og búið við að slíkt eldsneyti verði aðgengilegt á markaði á þessum áratug.

Að því er varðar haftengda starfsemi er vetnis- og rafeldsneytistækni í skip enn á frumstigi samanborið við samgöngutæki á landi. Nú er unnið að nokkrum frumgerðum og tilraunaverkefnum með vetni og rafeldsneyti en þó er gert ráð fyrir að aðgengilegar vetnis- og rafeldsneytisláusnir fyrir stærri skip verði síðar á ferðinni en láusnir fyrir samgöngutæki á landi. Að því er varðar stærri skip er nú einkum verið að skoða blöndun með endurnýjanlegu eldsneyti sem helstu leiðina fyrst um sinn til að draga úr kolefnislosun. Til endurnýjanlegs eldsneytis telst rafeldsneyti, sem er raunhæfur kostur til blöndunar.

Enn er verið að þróa óhefðbundnar eldsneytisláusnir í flugstarfsemi en yfirleitt fylgir tækniþróun í þeim geira í fótspor slíkrar þróunar í land- og sjósamgöngum, sérstaklega þegar um er að ræða alþjóðaflug. Lönd gera ráðstafanir til að takast á við losun frá flugi, samfara því að íblöndunarkröfur verða innleiddar í Evrópu. Kerosen unnið úr grænu vetni er ein þeirra láusna sem verið er að skoða, ásamt öðru sjálfbæru flugeldsneyti.

²⁰ <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/study-shows-shipping-green-hydrogen-from-iceland-to-rotterdam-to-be>

Notkunarmöguleikar græns vetnis í samgöngum



Heimild: Hydrogen Council; Roland Berger

Mynd 15. Tímalínur fyrir innreið á markað og notkun vetnis og rafeldsneytis (spá).

Í áætlunum sem settar hafa verið fram af íslenskum stjórnvöldum er engin ein tækni tekin fram yfir aðra og og munu stjórnvöld skoða allar tiltækar tæknilausnir með tilliti til þess hve skilvirkar og árangursríkar þær gætu verið til að ná íslenskum losunarmarkmiðum. Gert er ráð fyrir að vetni og rafeldsneyti muni gegna mikilvægu hlutverki í útfösun kolefnis í vegasamgöngum, starfsemi á hafi og í flugi og verðskulda þar með að yfirvöld gefi þeim gaum.

2.3 Áætluð eftirspurn eftir vetni í vegasamgöngum, haftengdri starfsemi og flugi

Notkun jarðefnaeldsneytis í vegasamgöngum, skipaútgerð og flugstarfsemi nam á Íslandi alls 537 kt árið 2020. Þar af voru notuð 92 kt af bensíni, 359 kt af dísilolíu og 87 kt af keroseni.

Áætluð eftirspurn eftir vetni og rafeldsneyti á Íslandi ræðst einkum af eftirspurn í þessum geirum.

Ef magntölur fyrir jarðefnaeldsneytisnotkun í þungaflutningum á vegum, haftengri starfsemi og flugi árið 2020 eru umreiknaðar í vetnismagn verður niðurstaðan u.þ.b.149 kt af vetni á ári.²¹ Mikilvægt er að hafa í huga að eldsneytisnotkun árið 2020 var minni en

²¹Tilvísun: Greining eftir Roland Berger. Í dæminu er gert ráð fyrir vetnisrafölum í þungaflutningum og hóp-bifreiðum, ammoníaki fyrir skip og rafkeroseni fyrir flug, en vegvísirinn heldur eftir sem áður hlutleysi gagnvart tæknilausnum.

síðustu ár vegna COVID-19-heimsfaraldursins og ef miðað er við 2019 verður þessi tala 378 kt af vetni á ári. Áætluð eftirspurn eftir vetni byggist á opinberum spám Orkustofnunar um eldsneytisnotkun og tekur tillit til þess að 2020 var ekki dæmigert ár hvað varðar losun og eldsneytisnotkun.

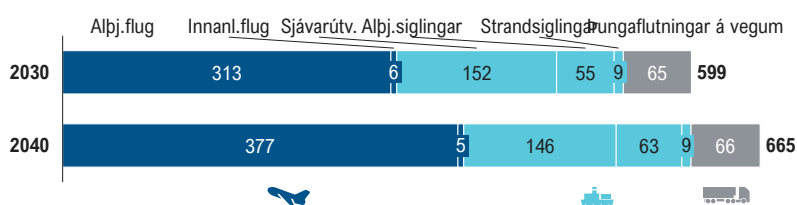
Ef miðað er við metnaðarfulla en raunhæfa útbreiðslu næsta áratuginn, gæti vetni gegnt mikilvægu hlutverki í því að hlutdeildarmarkmið fyrir endurnýjanlega orku árið 2030 náist í þessum þremur geirum. Hvernig útbreiðslan mun ganga ræðst af tækniframboði, eftirspurn markaðarins og efnahagsþáttum.

Að því er varðar starfsemi utan ETS: ef gert er ráð fyrir að vetni og rafeldsneyti muni nema 20% þeirrar frumorku sem notuð er í þungaflutningum á vegum, allt að 10% í skipaútgerð innanlands og 20% í innanlandsflugi, gæti árleg heildareftirspurn eftir vetni náð ~ 10 kt árið 2030, sem kæmi í staðinn fyrir 30-40 kt árlega notkun jarðefnaeldsneytis í starfsemi utan ETS. Þetta gæti þýtt þörf á 71 MW rafgreiningargetu fram til 2030.

Að auki mundi þurfa að auka mjög eigin framleiðslugetu eða tryggja nægan innflutning til að ná 10% hlutdeild endurnýjanlegrar orku í eldsneyti fyrir alþjóðaflug og alþjóðasiglingar fyrir 2030. Til að ná 10% hlutdeild endurnýjanlegrar orku fyrir 2030, sem fengin væri með innlendra eldsneytisframleiðslu, gæti þurft 26 kt af vetni til viðbótar á ári og 155 MW viðbótarrafgreiningargetu, sem þýðir að heildareftirspurn færi upp í 35 kt á ári og nauðsynleg rafgreiningarafköst upp í 237 MW alls.

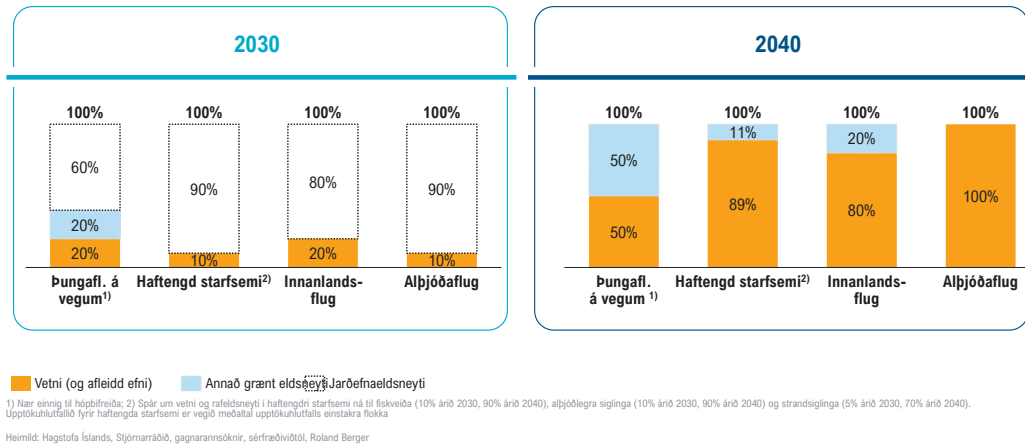
Með sams konar útreikningum fyrir árið 2040 gæti árleg eftirspurn eftir vetni í starfsemi utan ETS náð 60 kt á ári, sem samsvarar 430 MW rafgreiningargetu. Ef fullum orkuskiptum í alþjóðaflugi og alþjóðasiglingum væri fullnægt með innanlandsframleiðslu gæti verið þörf á 304 kt á ári til viðbótar, þannig að heildareftirspurn eftir vetni yrði 364 kt á ári, sem samsvarar 2,429 MW rafgreiningargetu alls.

Áætluð eldsneytisnotkun, 2030–2040 [kt á ári af jarðefnaeldsneyti]



Mynd 16. Áætluð eldsneytisnotkun í þungaflutningum á vegum, skipaútgerð og flugi (2030-2040) — Athugið að hér er áætluð eldsneytisnotkun léttra og meðalþungra öku-tækja ekki talin með.

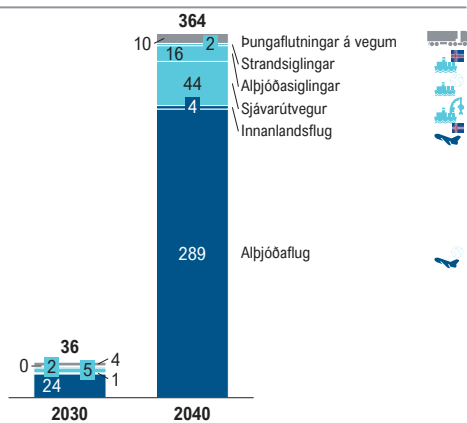
Uptökuhlutföll eftir geirum, 2030 og 2040 [% af frumorkuotkun]



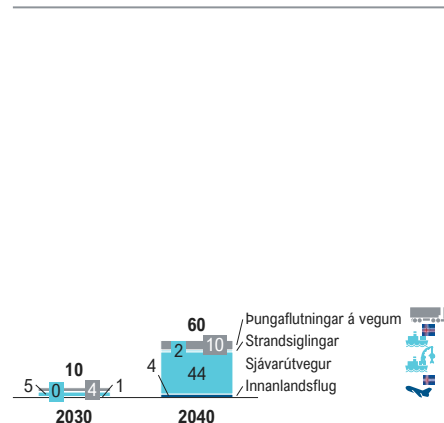
Mynd 17. Sviðsmyndir eftir geirum (2030-2040).²²

Spá um vetniseftirspurn með og án starfsemi innan ETS, 2030–2040 [kt]¹⁾

Með starfsemi sem fellur undir ETS²⁾



Án starfsemi sem fellur undir ETS

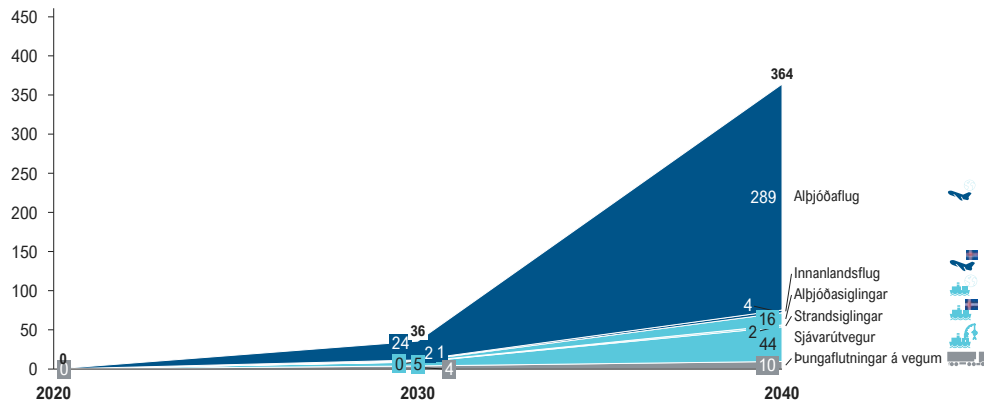


1) Gert er ráð fyrir 91% afkastastuðli fyrir rafgreini og orkuþörf upp á 52 kWh/kg fyrir vega- og fluggeirann og 59 kWh/kg fyrir haftengda starfsemi; 2) Alþjóðasiglingar og alþjóðaflug
Heimild: Roland Berger

Mynd 18. Áætluð árleg eftirspurn eftir vetni með og án þeirra geira sem falla undir ETS (2030-2040).

²² Ítarlegt yfirlit yfir sviðsmyndir er að finna í viðbætinum.

Spá um vetniseftirspurn, 2020–2040 [kt]¹



¹) Gert er ráð fyrir 91% afkastuðli fyrir rafgreini og orkupörf upp á 52 kWh/kg fyrir vega- og fluggeirann og 59 kWh/kg fyrir starfsemi á sjó
Heimild: Roland Berger

Mynd 19. Áætluð vetnisþörf eftir geirum miðað við að allir hlutar séu orðnir óháðir jarðefnaeldsneyti 2040 (2020–2040).

Þungaflutningabílar og hópbifreiðar



Þungaflutningabílar og hópbifreiðar²³ losuðu 179 kt CO₂-íg. árið 2020 eða 22% heildarlosunar gróðurhúsalofttegunda frá vegasamgöngum í landinu.

Heildarnotkun dílsils og bensíns í þungaflutningum og hópbifreiðum var áætluð 70 milljónir lítra árið 2020. Það magn samsvarar u.þ.b. 17 kt af vetni, sem er það magn sem þyrfti til fullra orkuskipta þessara ökutækja.

Íslensk stjórnvöld hafa sett fram markmið um 40% hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa í vegasamgöngum. Hvað varðar þungaflutningabíla og hópbifreiðar ættu farartæki með vetnisefnarafölum að henta vel til að ná þessu marki. Ef gengið er út frá því að vetni nemi 20% þessa hlutdeildarmarkmiðs um endurnýjanlega orku í þungaflutningabílum og hópbifreiðum árið 2030, má ætla að heildareftirspurn eftir vetni nái allt að 4 kt árið 2030.

Frá 2030 til 2040 er gert ráð fyrir að hluti endurnýjanlegs eldsneytis í flokknum þungaflutningabílar og hópbifreiðar muni vaxa til muna. Hröð aukning á því tímabili gæti leitt til þess að árleg eftirspurn eftir vetni tvöfaldist í það minnsta á tímabilinu og nái a.m.k. 7 kt árið 2040.

²³ Skilgreint af Samgöngustofu sem ökutækjaflokkar M2, M3, N2 og N3.

Skipting losunar og yfirlit yfir eldsneytisnotkun í ólíkum gerðum vegasamgöngutækja, 2020

Losun frá vegasamgöngum, 2020 [kt CO₂-íg.]

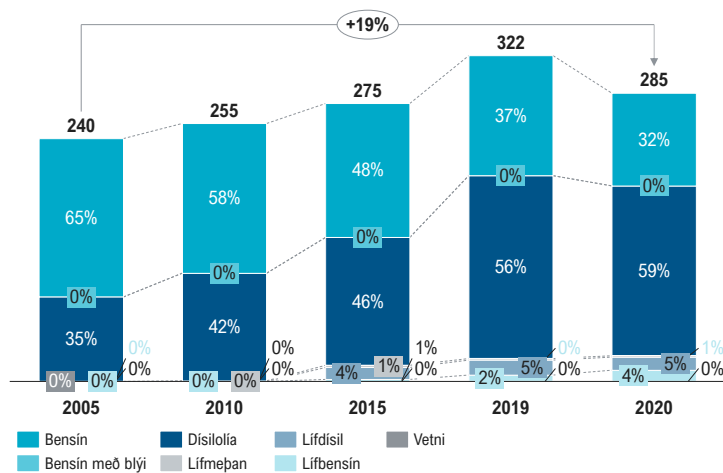


Flokkun ökutækja ³⁾	Ökutæki <2.5 t ⁴⁾	Ökutæki 2,5 til 6 t	Ökutæki <6 t
Fjöldi ökutækja alls	228.056	74.023	9.508
Bensínkúin ökutæki	159.322	13.236	104
Dísilkúin ökutæki	55.548	57.736	9.355
Önnur ökutæki (RRB ⁵⁾ o.s.frv.)	13.186	3.051	49

1) Difference to different rounding; 2) Calculated as kt CO₂e/kt of fuel consumption; 3) Data from 2019 as no more recent data published; 4) Vehicle own weight (without payload); 5) BEV = Battery-powered electric vehicle
Source: Statistics Iceland, National Inventory Report, Roland Berger

Mynd 20. Losun frá vegasamgöngum á Íslandi.

Eldsneytisnotkun í vegasamgöngum, 2005-2020 [kt]



Heimild: Hagstofa Íslands, Skýrsla um landsbókhald, Roland Berger

Mynd 21. Eldsneytisnotkun í vegasamgöngum (2005-2020).

Haftengd starfsemi

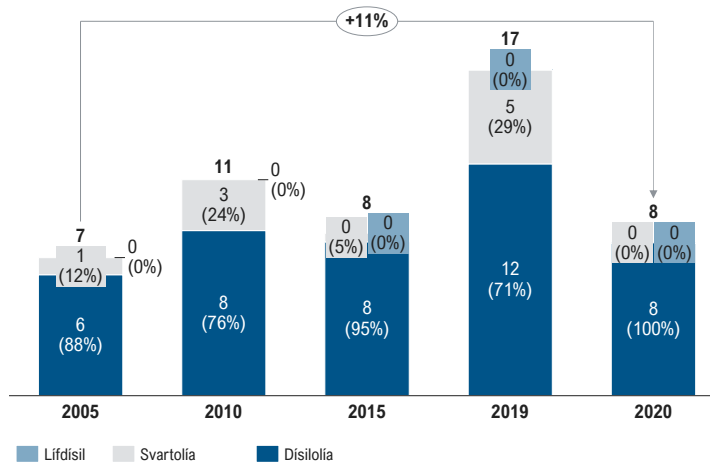


Losun frá haftengdri starfsemi²⁴ var 611 kt CO₂-íg. árið 2020; fiskiskip losuðu 508 kt CO₂-íg. (83%), innanlandssiglingar 25 kt CO₂-íg. (4%) og alþjóðlegar siglingar 78 kt CO₂-íg. (13%).

Heildareldsneytisnotkun í haftengdri starfsemi var 190 milljónir lítra eða 167 kt árið 2020. Rúmlega 80% þessarar eldsneytisnotkunar átti sér stað í sjávarútveginum.

Þegar kemur að alþjóðlegum siglingum er mikilvægt að hafa í huga að meirihluti eldsneytisins sem þar er notað er keyptur utan Íslands. Áætlað er að um 70-90 kt af eldsneyti sé keypt árlega utan Íslands til viðbótar og notað af þessum skipum²⁵. Þegar heildareldsneytisnotkun skipafélaga í millilandasiglingum til og frá landinu er skoðuð, er mestur hluti hennar ekki talinn með í innlendri neyslu. Þetta þarf að skoða nánar við mat á orkuskiptum hjá skipafélögum sem eru í siglingum til og frá Íslandi.

Notkun skipaeldsneytis á Íslandi — Strandsiglingar, 2005–2020 [kt]



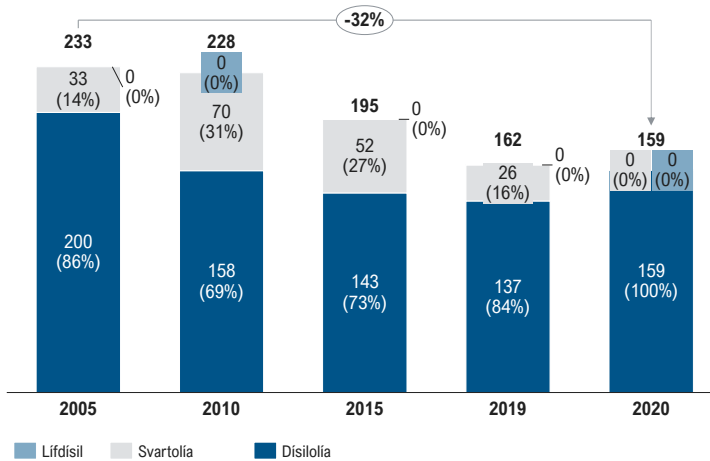
Heimild: Hagstofa Íslands, Skýrsla um landsbókhald, Roland Berger

Mynd 22. Notkun skipaeldsneytis á Íslandi — Strandsiglingar (2005-2020).

²⁴ Hér eru alþjóðlegar siglingar frátaldar, þar sem sú eldsneytisnotkun er ekki talin með í hlutdeild endurnýjanlegrar orku samkvæmt tilskipun ESB um endurnýjanlega orku.

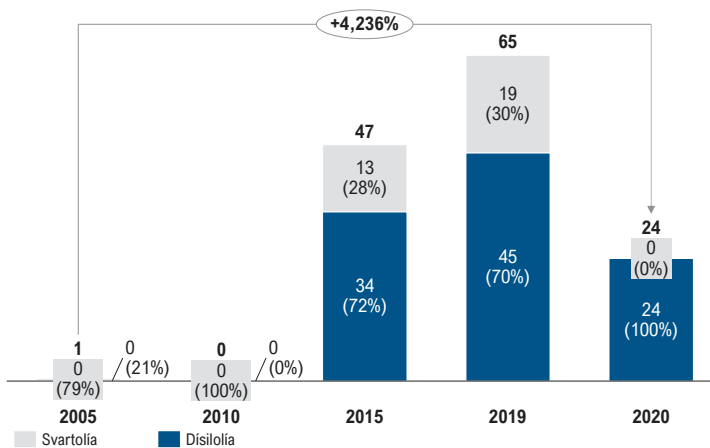
²⁵ EFLA („Raforakupörf vegna orkuskipta í skipum“) – <https://www.efla.is/blogg/fagid/raforukuthorf-vegna-orkuskipta-i-skipum>

Notkun skipaeldsneytis á Íslandi — Sjávarútvegur, 2005–2020 [kt]



Mynd 23. Notkun skipaeldsneytis á Íslandi — Sjávarútvegur (2005-2020).

Notkun skipaeldsneytis á Íslandi — Alþjóðasiglingar, 2005–2020 [kt]



Mynd 24. Notkun skipaeldsneytis á Íslandi — Alþjóðasiglingar (2005-2020).



Árið 2020 voru 1.561 fiskiskip skráð á Íslandi, þar af 46 togarar, 695 þilfarsskip og 820 opnir bátar. Mikill meirihluti eldsneytisins er notaður af togurum og stærri þilfarsskipum. Gerð þessara skipa, siglingaleiðir þeirra og tími á sjó, gerir að verkum að þau henta vel fyrir fljótandi rafeldsneyti, s.s. metanól, ammoníak eða rafdísil.

Áætlað er að af eldsneytisnotkun fiskiskipa séu innan við 10%²⁶ notuð af skipum sem ganga aðallega fyrir raforku með rafgeymum, sem þýðir að finna þarf aðra lausn fyrir a.m.k. 90% þess eldsneytis sem notað er við fiskveiðar. Þetta samsvarar 170 milljónum lítra af jarðefnaeldsneyti sem hægt væri að skipta út fyrir vetni og rafeldsneyti.

Í strandsiglingum er áætlað að 30% eldsneytisnotkunarinnar liggi hjá skipum þar sem rafgeymalausnir gætu vel komið til álita sem valkostur. Þá eru eftir 70%, sem samsvarar 6,5 milljónum lítra af jarðefnaeldsneyti, sem vel mundi henta að skipta út fyrir vetni og rafeldsneyti.

Markmið Íslands um hlutdeild endurnýjanlegrar orku í skipum er 10% árið 2030. Rafeldsneyti, s.s. rafammóníak, rafmetanól og rafdísil sem fengið er úr rafolíu, ásamt öðrum orkuberum, s.s. lífeldsneyti, er valkostur við jarðefnaeldsneyti í þessum geirum og gæti gegnt mikilvægu hlutverki. Samgöngustofa hefur þegar staðið fyrir tilraunaverkefni um notkun lífeldsneytis úr repjuolíu við að knýja skip. Orkey, sem staðsett er á Akureyri, hefur einnig framleitt lífdísil til blöndunar í skipaeldsneyti í tilraunaskyni í nokkur ár.

Ef gengið er út frá því að rafeldsneyti nemi 10% hlutdeild í fiskveiðum, 5% hlutdeild í innanlandssiglingum²⁷ og 10% í alþjóðlegum siglingum gæti eftirspurn eftir vetni árið 2030 orðið u.þ.b. 7 kt; þar af væru ríflega 75% eftirspurn frá fiskiskipum. Gert er ráð fyrir að orkuþörf vegna fiskveiða og siglinga haldist tiltölulega óbreytt fram til 2030.

Frá 2030 til 2040 er gert ráð fyrir að eftirspurn eftir óhefðbundnu eldsneyti til notkunar í skipum muni vaxa ört eftir því sem markaðurinn þróast. Eftir því sem tækni fer fram og útbreiðsla eykst gæti árleg eftirspurn eftir vetni til rafeldsneytisframleiðslu fyrir skip aukist allt að 10 sinnum og náð 62 kt árið 2040.

²⁶ Greining DNV fyrir nýsköpunar- og iðnaðarráðuneytið (júní 2021).

²⁷ Ammóníak notað sem dæmi til að reikna vetnismagn yfir í rafeldsneyti; metanól myndi þurfa u.þ.b. 5% til viðbótar af vetni. Einnig er hægt að skoða annað rafeldsneyti, s.s. rafdísil.

Flugstarfsemi



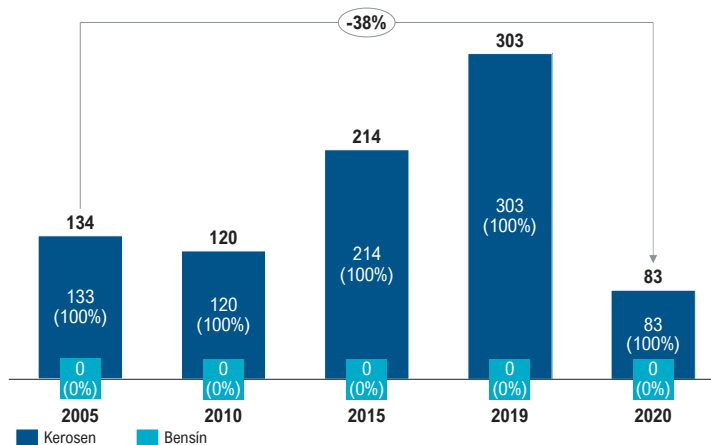
Heildarnotkun kerosens í flugi var 87 kt árið 2020, þar af fóru 83 kt í alþjóðaflug og 4 kt í innanlandsflug. COVID-19-faraldurinn hafði mikil áhrif á flugstarfsemi. Til að setja þessar tölur í samhengi var eldsneytisnotkun í flugstarfsemi árið 2019 312 kt alls, þar af 303 kt í alþjóðaflugi og 8 kt í innanlandsflugi.

Íslensk stjórnvöld ætla að skoða möguleika þess að gera landið leiðandi á heimsvísu í orkuskiptum í flugi og huga sérstaklega að framleiðslu sjálfbærs flugeldsneytis innanlands. Ísland hefur ekki sett sér markmið varðandi hlutdeild endurnýjanlegrar orku í flugsamgöngum en ríkisstjórnin fylgist náið með þróun í nágrennalöndunum.²⁸

Til fullra orkuskipta með rafkeroseni, í því magni sem þörf er á í millilanda- og innanlandsflugi fram til ársins 2040, myndi þurfa allt að 244 kt af vetni²⁹. Ef gert er ráð fyrir að 10% alþjóðlegrar og 20% innlendrar eldsneytisnotkunar í flugstarfsemi yrði mætt með rafkeroseni, vetni eða öðru rafeldsneyti árið 2030 gæti eftirspurnin orðið allt að 25 kt.

Þegar litið er til 2040 gæti eftirspurn eftir sjálfbæru flugeldsneyti aukist verulega með framþróun tækninnar. Ríkisstjórnin mun fylgjast áfram með þróun í ESB að því er varðar losun í flugstarfsemi og aðhafast í samræmi við það. Kanna ber hagkvæmni innlendrar rafkerosenframleiðslu ásamt möguleikum á innflutningi, samhliða því sem iðnaðurinn þróast á næstu tveimur áratugum.

Flugeldsneytisnotkun á Íslandi — Alþjóðaflug, 2005–2020 [kt]



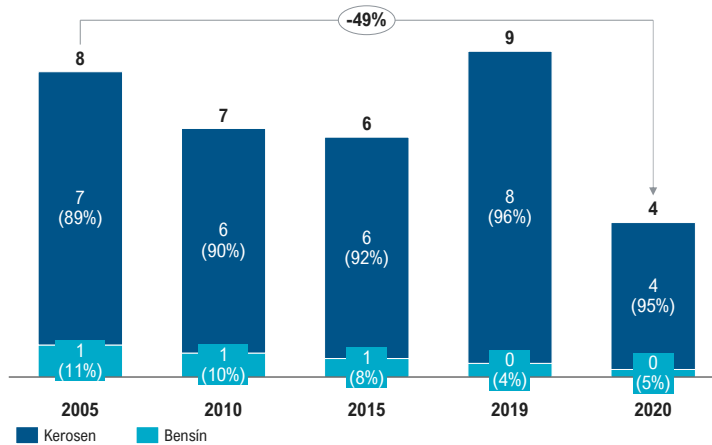
Heimild: Hagstofa Íslands, Skýrsla um landsbókhald, Roland Berger

Mynd 25. Flugeldsneytisnotkun á Íslandi — Alþjóðaflug (2005–2020).

²⁸ Dæmi: Noregur hefur innleitt reglur um 0,5% íblöndun með endurnýjanlegu flugeldsneyti með það að markmiði að auka þetta hlutfall í 30% fram til ársins 2030. Svíðþjóð setti á reglur um samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda frá flugeldsneyti árið 2021, sem drógu úr losun frá seldu eldsneyti um 0,8% 2021 og auka þetta hlutfall jafn og þétt upp í 27% árið 2030. Í maí 2021 samþykkti Þýskaland 2% rafkerosen-hlutdeild ekki síðar en 2030. Þetta kemur til viðbótar við reglurnar fyrir evrópska flugstarfsemi í ReFuelEU-pakkanum.

²⁹ Að því gefnu að 0,75 kg af vetni þurfi til að framleiða 1 kg af rafkeroseni með Fischer-Tropsch-framleiðsluferli.

Flugeldsneytisnotkun á Íslandi — Innanlandsflug, 2005–2020 [kt]



Mynd 26. Flugeldsneytisnotkun á Íslandi — innanlandsflug (2005-2020).

Raforkuþörf



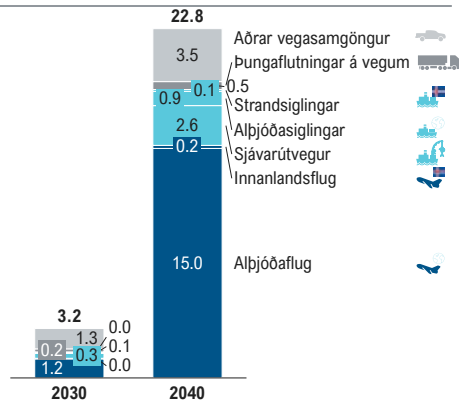
Árið 2030 gæti raforkuþörf vegna framleiðslu vetnis og rafeldsneytis fyrir starfsemi utan ETS-kerfisins (þ.e. þungaflutninga á vegum, fiskveiðar, strandsiglingar og innanlandsflug), ásamt aukinni rafvæðingu ökutækja, náð ~ 1,9 TWh.³⁰ Ef starfsemi innan ETS-kerfisins er talin með gæti raforkuþörf til viðbótar orðið 1,3 TWh, þ.e. samtals gæti talan orðið 3,2 TWh árið 2030.

Eftir því sem iðnaðurinn eflist upp úr 2030 er búist við að raforkuþörfin muni vaxa verulega. Gert er ráð fyrir að heildarraforkuþörf í starfsemi utan ETS-kerfisins, þ.m.t. rafvæðing vegasamgangna, muni nema ~ 6,9 TWh. Ef framleiðsla innanlands þjónaði einnig að fullu starfsemi sem fellur undir ETS, gæti heildarraforkuþörf farið upp í ~ 22,8 TWh.

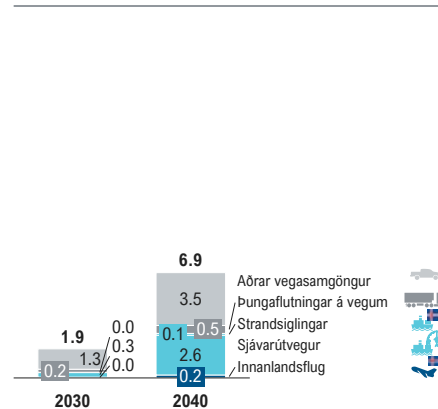
³⁰ Gert er ráð fyrir að til rafgreiningar þurfi 52 kWh fyrir kg af vetni.

Orkuþörf fyrir full orkuskipti, 2030–2040 [TWh]¹

Með starfsemi sem fellur undir ETS²⁾



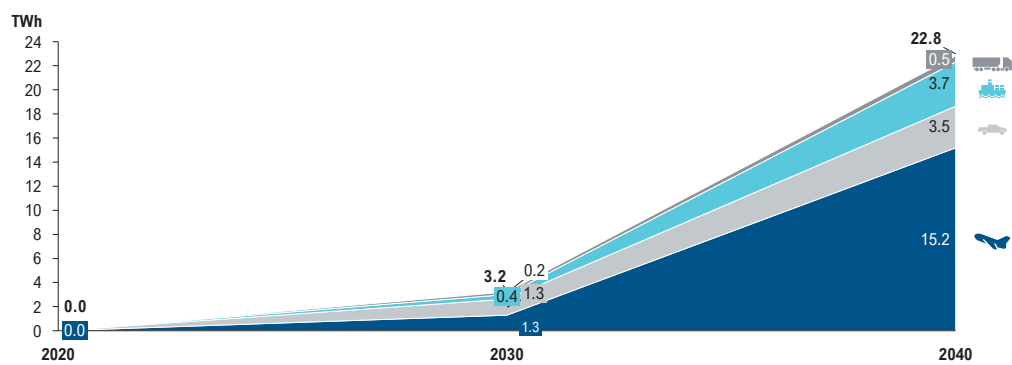
Án starfsemi sem fellur undir ETS



1) Gert er ráð fyrir 91% afkastastuðli fyrir rafgreini, 80% fyrir orkuver og orkuþörf upp á 52 kWh/kg fyrir vega- og fluggeirann og 59 kWh/kg fyrir starfsemi á sjó; 2) Aðrar ná til rafvæðingar farþegabíla, léttra og meðalþungra ökutækja og þess hluta þungra ökutækja sem ekki er hægt að knýja með óhefðbundnu eldsneyti sem byggist á vetni; 2) Alþjóðasiglingar og -flugstarfsemi
Heimild: Roland Berger

Mynd 27. Raforkuþörf fyrir full orkuskipti með og án starfsemi sem fellur undir ETS-kerfið (2030-2040).

Orkuþörf fyrir full orkuskipti, 2020–2040 [TWh]¹

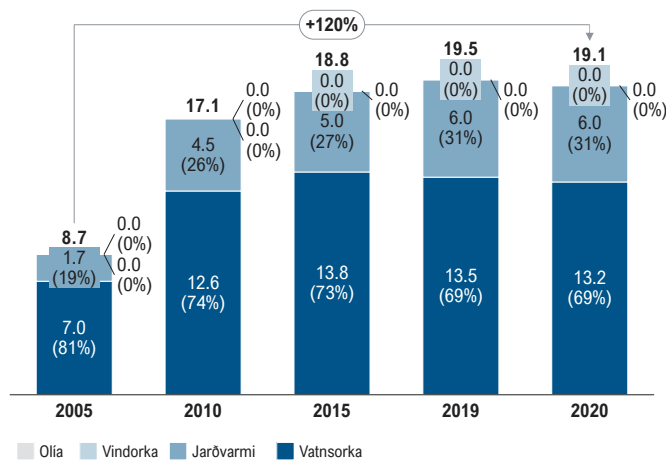


1) Gert er ráð fyrir 91% afkastastuðli fyrir rafgreini og orkuþörf upp á 52 kWh/kg fyrir vega- og fluggeirann og 59 kWh/kg fyrir starfsemi á sjó; 2) Aðrar ná til rafvæðingar farþegabíla, léttra og meðalþungra ökutækja og þess hluta þungra ökutækja sem ekki er hægt að knýja með óhefðbundnu eldsneyti sem byggist á vetni
Heimild: Roland Berger

Mynd 28. Raforka til fullra orkuskipta, rafgreiningargeta og afkastageta orkuvera.

Ísland framleiddi 19,1 TWh af rafmagni árið 2020. Núverandi uppsett afl er 2,9 GW, þar af eru 73% frá vatnsaflsvirkjunum og 26% frá jarðvarmavirkjunum. Aðrir orkugjafar s.s. vindorka eru innan við 1% af uppsettu afli en fela í sér veruleg tækifæri til frekari þróunar.

Raforkuframleiðsla, 2005–2020 [TWh]



Heimild: Hagstofa Íslands, Skýrsla um landsbókhald, Roland Berger

Mynd 29. Raforkuframleiðsla á Íslandi (2005-2020).

Þar sem orkuframleiðsla á Íslandi er að mestu leyti nýtt í orkufrekum iðnaði og þar sem landið er eyja án tengingar við önnur orkukerfi verður til umframorka í kerfinu sum ár. Áætlað er að með hagsýnni fjárfestingu mætti nýta að meðaltali 1-2 TWh af umframorku³¹ kerfisins á ári. Með því að nota þessa orku þar sem hægt er, s.s. til að framleiða vetni og rafeldsneyti, gæti heildarnýting kerfisins batnað og orkusóun minnkað. Vatnsafl er ríkjandi orkugjafi í kerfinu og vatnssöfnun í lónunum er mjög breytileg milli ára. Þar sem um breytilegan orkugjafa er að ræða er framboð mjög háð tíma árs og getur munurinn verið talsverður milli ára.

Einnig kann að vera þörf á hluta umframorkunnar til að bregðast við óvæntum breytingum á framboði eða framleiðslu í kerfinu. Framboð í framtíðinni mun einnig ráðast af ýmsum öðrum þáttum, svo sem álverði og eftirspurn eftir sveigjanlegu álagi. Því þarf að rannsaka vandlega hættuna á því að umframorka sé ekki tiltæk.

³¹ Orkustofnun (Skýrsla frá júní 2016) og Landsvirkjun (2021).

Annar þáttur sem eykur orkuþörf og dregur úr orkuframboði er aukin orkunotkun vegna beinnar rafvæðingar (t.d. rafknúinna ökutækja) og annarra atvinnugreina (t.d. gagnaver og fiskeldi). Undanfarin ár hefur rafknúnum ökutækjum fjölgað ört á Íslandi og gert er ráð fyrir að þessi fjölgun haldi áfram eftir því sem landið leitast við að ná markmiðum sínum um samdrátt í losun kolefnis. Enn eru fyrir hendi ónýttar endurnýjanlegar auðlindir á Íslandi. Nóg er af svæðum þar sem vindhraði er mikill og enn er verið að kanna nýja virkjunarmöguleika, bæði með vatnsafla og jarðvarma. Þeir eru þó háðir stefnu stjórnvalda.

Þar sem virkjun vatnsafls og jarðvarma stefnir hugsanlega í að verða kostnaðarsamari samanborið við þær auðlindir sem þegar hafa verið nýttar, og með æ samkeppnishæfari vindorkutækni, verður mikilvægt að kanna frekar nýtingu vindorku á Íslandi ef þessi vegvísir á að komast til framkvæmda.

Kanna þarf nánar hversu mikil þörf er á viðbótarframleiðslugetu þar sem það hefur þýðingu í tengslum við umframorkuna sem er fyrir hendi og markmiðin 2030. Í ljósi núverandi stöðu íslenska orkugeirans mun þurfa að reisa ný orkuver ef nota á innlenda framleiðslu á vetni og rafeldsneyti til að ná markmiðum ársins 2040.

Aðgengi að endurnýjanlegri orku er lykilatriði ef þessi vegvísir á verða að veruleika.

Kolefnishráefni

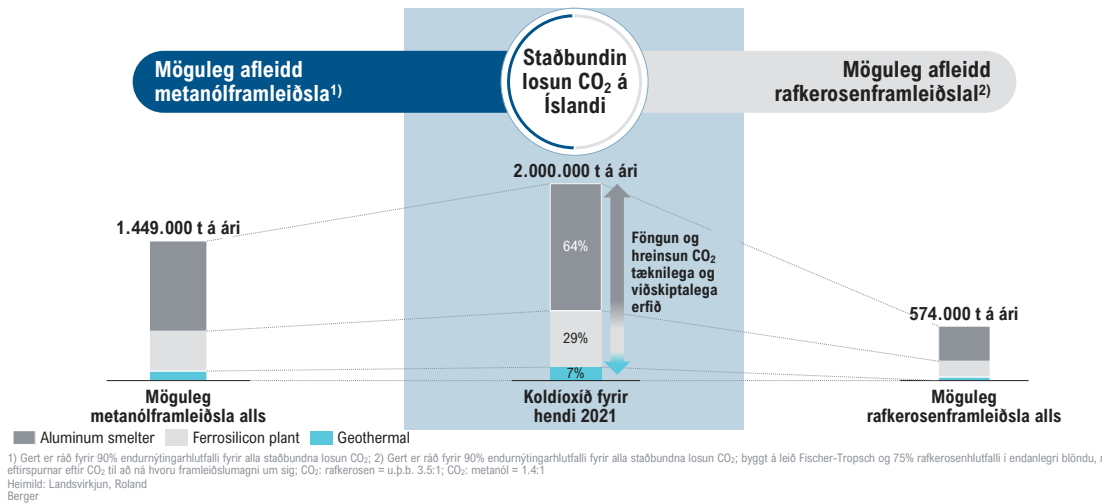


Í sumum tilfellum þarf koldíoxíð sem hráefni til rafeldsneytisframleiðslu. Þetta á við um metanól og allar afleiður rafolíu (e. e-crude), t.d. rafkerosen sem getur komið í stað þotueldsneytis eða rafdísilolíu í sjó- eða vegasamgöngum.

Á Íslandi er losun koldíoxíðs frá punktlindum (e. Point source) samtals ~ 2.000 kt á ári, þar af eru 1.300 kt losun frá álverum, 580 kt frá járnblanderksmiðjum og 140 kt frá jarðvarmavirkjunum.

Ef gengið er út frá að öll tiltæk losun CO₂ sé nýtt til rafeldsneytisframleiðslu samsvarar möguleg heildarframleiðsla frá staðbundinni losun u.þ.b. 1,45 milljón tonna af metanóli eða 0,57 milljón tonna af rafkeroseni. Enn eru tæknileg og viðskiptaleg vandkvæði á því að fanga og hreinsa CO₂, sérstaklega að því varðar álver, en ríkisstjórnin hyggst fylgjast vel með og styðja tækniþróun á sviði föngunar koldíoxíðs.

Núverandi staðbundin losun CO₂ á Íslandi og möguleikar á framleiðslu metanóls og rafkerosens, 2023



Mynd 30. Núverandi staðbundin losun CO₂ á Íslandi og möguleikar á framleiðslu metanóls og rafkerosens.

Ef lítið er til magns gæti staðbundin losun CO₂ frá iðnaði og jarðvarma verið takmarkandi þáttur þegar kemur að hugsanlegri innlendri framleiðslu rafeldsneytis, bæði fyrir skip og flugvélar, og er þörf á frekari rannsóknum hvað þetta varðar. Þar sem gert er ráð fyrir að framleiðsla rafeldsneytis muni aukast í samræmi við markmið ársins 2040, er áætlað að þörf verði á viðbótarkoldíoxíði sem hráefni innanlands til að ná markmiðum um framleiðslumagn.

Aðrar leiðir til að afla koldíoxíðs gætu falist í beinni föngun úr andrúmsloftinu eða innflutningi á CO₂. Kostnaður við beina föngun úr andrúmslofti er enn almennt hærri en nýting beint frá iðnaði en þessi kostnaður gæti lækkað í framtíðinni eftir því sem tækniáðferðir þróast. Á Íslandi eru góðar forsendur fyrir föngun beint úr andrúmsloftinu. Mikið magn af vatni er aðgengilegt á mörgum svæðum sem og aðgangur að varmaorku.

Ríkisstjórnin mun fylgjast vel með og styðja tækniþróun á sviði föngunar koldíoxíðs til að ná markmiðum sínum um samdrátt í kolefnislosun. Þetta nær m.a. til frekari greiningar á CO₂-aðfangakeðjunni og mats á tækni- og viðskiptalegum fýsileika.

2.4 Efnahagsleg tækifæri og stefnumiðuð sýn á vetnisframleiðslu á Íslandi

Ísland er í einstakri aðstöðu til að framleiða grænt vetni og nýta það til að minnka losun kolefnis innanlands í því skyni að ná loftslagsmarkmiðum sínum. Yfir 99,9% allrar raforkuframleiðslu landsins er frá endurnýjanlegum orkugjöfum og raforkukerfið er eitt það umhverfisvænsta í heimi. Landið býr yfir miklum endurnýjanlegum vatnsauðlindum og jarðvarma sem getur séð fyrir samkeppnishæfri grunnorku til vetnisframleiðslu, auk mikilla möguleika á raforkuframleiðslu með vindorku — með svipuðu nýtingarhlutfalli og best gerist í evrópskum vindorkugörðum á hafi úti — til að auka enn frekar framleiðslugetuna.

Sú staðreynd að íslenska raforkukerfið byggist alfarið á endurnýjanlegri orku gæti orðið grundvöllur að hraðri útfösun kolefnis í samgöngum og flutningum á Íslandi á næstu áratugum og gerir landið auk þess að ákjósanlegum stað fyrir samkeppnishæfa og umhverfisvæna vetnisframleiðslu, þar sem raforkuverð er einn af helstu kostnaðarhvötum vetnis. Þessar einstæðu kringumstæður gætu stuðlað að enn hraðari innleiðingu vetnis- og rafeldsneytistækni á Íslandi en annars staðar í Evrópu.

Stækkun vetnishagkerfisins á heimsvísu mun einnig skapa verulega efnahagslega möguleika. Ísland getur haft ávinning af aðstæðum heima fyrir sem gera það vel í stakk búið til að taka þátt í vetnis- og rafeldsneytishagkerfi framtíðarinnar með uppbyggjandi hætti. Með því að byggja upp vetnis- og rafeldsneytisgeira vilja íslensk stjórnvöld stuðla að sjálfbærum hagvexti í landinu. Tækifæri til innlestrar framleiðslu á vetni og eldsneyti byggðu á vetni og til notkunar afurðanna í kjölfarið verða þróuð og frekari möguleikar kannaðir á útflutningi til landa með takmarkaðar endurnýjanlegar auðlindir, bæði innan Evrópusambandsins og víðar. Ísland hefur þegar öðlast umtalsverða reynslu af tilraunaverkefnum á sviði vetnistækni undanfarna áratugi og er nú tilbúið til að taka næstu skref, auka umfang núverandi starfsemi og vinna að raunhæfum tækifærum í þróun verkefna.

Grænt vetni og rafeldsneyti veita einnig tækifæri til að skapa verðmæt störf alls staðar í virðiskeðjunni, allt frá framleiðslu og geymslu til flutnings, dreifingarinnviða og notkunar á hinu nýja eldsneyti. Einnig verður skoðað hvernig efla má staðbundna kunnáttu og byggja upp tækniþekkingu með samstarfi við íslenskar rannsóknastofnanir. Að lokum er markmiðið að geta þjálfað og menntað mjög hæfa tæknimenn og vísindamenn innanlands. Þetta gæti t.d. verið gert með stofnun rannsóknar- og menntunarmiðstöðvar til að styðja við þróun vetnistækni í landinu, þ.e. háskólasvæðis þar sem ýmsar íslenskar rannsóknar- og menntastofnanir leggja saman krafta sína með mögulegri þátttöku aðila úr atvinnulífinu.

Aukning á eigin getu í vetnis- og rafeldsneytismálum, þar á meðal framleiðslugetu, eykur öryggi orkuframboðs á Íslandi þegar allt kemur til alls og gerir landið óháðara innflutningi

á orku til lengri tíma litið. Langtímamarkmið ríkisstjórnarinnar er að landið verði óháð jarðefnaeldsneyti árið 2040. Það er á þessum áratug sem þarf að skapa forsendurnar fyrir því að þetta markmið náist og Ísland verði sjálfu sér nægt með vetni og rafeldsneyti. Þetta felur m.a. í sér skipulagningu nauðsynlegra viðnámsþolinnna innviða. Með því að framleiða endurnýjanlegt eldsneyti innanlands myndi landið jafnframt verja sig gagnvart sveiflum í framboði á jarðefnaeldsneyti og verðsveiflum sem því fylgja.



Mynd 31. Stefnumiðuð tækifæri fyrir Ísland.

2.5 Útflutningsmöguleikar græns vetnis

Búist er við að hnattræn eftirspurn eftir vetni- og rafeldsneyti muni aukast hratt á næstu áratugum eftir því sem útfösun kolefnis vindur fram í samgöngum, iðnaði og orkunotkun. Alþjóðaorkumálastofnunin (IEA) gerir ráð fyrir að eftirspurn eftir vetni fari yfir 200 milljónir tonna árið 2030 úr tæplega 90 milljónum tonna árið 2020. Árið 2050 er búist við að eftirspurn eftir vetni verði meiri en 500 milljónir tonna.³³

ESB áætlar að vetnisþörf Evrópu fari úr meira en 8 milljónum tonna árið 2020 í allt að 20 milljónir tonna árið 2030 og nái 95 milljónum tonna árið 2050.³⁴ Samtímis þarf að skipta út þeim tæplega 8 milljónum tonna af vetni sem er notað árlega og framleitt úr jarðgasi, fyrir vetni með lágt kolefnisspor. Til að fullnægja aukinni eftirspurn hefur ESB því sett eftirfarandi markmið:

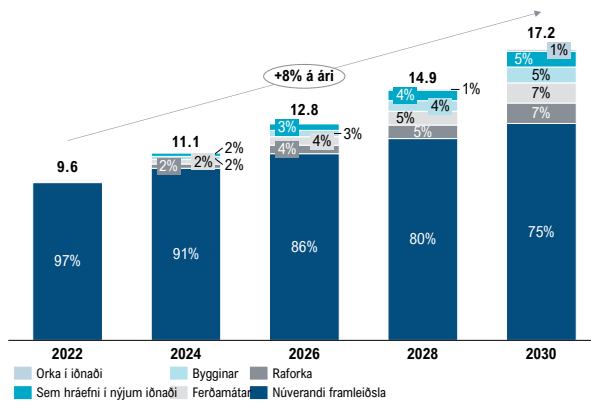
³³ IEA (2021): "Net-zero by 2050 – A roadmap for the global energy sector".

³⁴ IEA (2021): Global Hydrogen Review 2021; Hydrogen Council (2021): Hydrogen for Net Zero.

1. 10 milljón tonna eigin framleiðsla á ári af endurnýjanlegu vetni eigi síðar en 2030
2. 10 milljón tonna innflutningur á ári af endurnýjanlegu vetni frá þriðju löndum eigi síðar en 2030³⁵

Til að ná 10 milljón tonna ársframleiðslu þarf ESB að auka rafgreiningargetu sína um a.m.k. 65-100 GW fram til 2030.³⁶

Hydrogen demand in Europe, 2022–2030 [%; million tonnes]



- Til að hraða orkuskiptum ESB og draga úr kolefnislosun í orkugeiranum, iðnaði og samgöngum í ESB, er þörf á miklu magni vetnis
- Núverandi vetnisframleiðsla er aðallega notuð í iðnaði, s.s. hreinsunar- og efnaíðnaði, og er gert ráð fyrir að hún aukist úr um 9 milljónum tonna 2022 í um 13 millj. tonna árið 2030
- Jafnframt er búist við að hlutdeild núverandi vetnisframleiðslu minnki úr 97% í 75% vegna vetniseftirspurnar frá nýjum iðnaði
- Nánar tiltekið mun þessi aukna eftirspurn aðallega stjórnast af nýjum ferðamatum sem og uppbyggingu og orkuþörf bygginga
- Gert er ráð fyrir að eftirspurn eftir vetni í Evrópu aukist upp í ríflega 17 milljónir tonna fram til 2030, úr um 9 milljónum tonna 2022, sem þýðir meira en 8% aukningu í eftirspurn árlega

Heimild: IEA, Fuel Cell Hydrogen Observatory, Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking, Roland Berger

Mynd 32. Spá um eftirspurn í Evrópu eftir vetni 2020-2030 [milljón tonn].

Innflutningsþörf Evrópu gæti falið í sér aukið efnahagslegt tækifæri fyrir Ísland. Aðstæður á Íslandi, framboð á endurnýjanlegri raforku á samkeppnishæfu verði ásamt efnahagslegum, fjárhagslegum- og pólitískum stöðugleika, gera að verkum að margir framkvæmdaraðilar og lönd sem þarfnast hreinnar orku hafa beint sjónum sínum að landinu. Ísland hefur vakið talsverðan áhuga sem hugsanlegur vettvangur fyrir stórfellda framleiðslu á vetni og rafeldsneyti til útflutnings. Búist er við að Evrópusambandið verði áfram háð innflutningi vetnis í fyrirsjáanlegri framtíð.

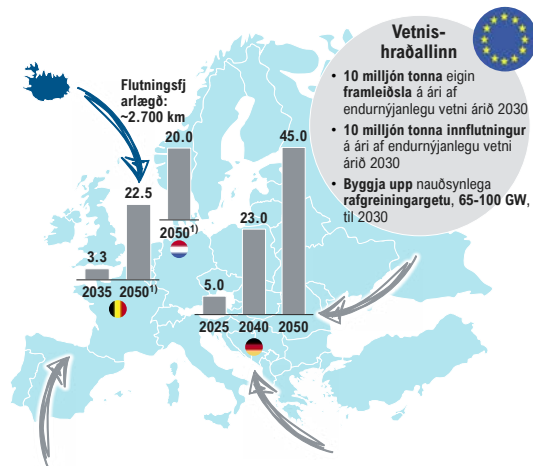
³⁵ EU (2022): Hydrogen accelerator.

³⁶ Roland Berger (2022).

Mat á vetnisinnflutningi til ársins 2050 [m tons]

Einstök aðstaða Íslands

- Raforkukerfi byggt á **100% grænni orku** þegar fyrir hendi
- Mikið **framboð á grænni grunnorku** frá vatnsafls- og jarðvarmavirkjunum
- **Möguleikar á viðbótarorkuframleiðslu** með vatnsorku, jarðvarma og vindorku
- Staðsett **nálægt eftirspurnarsvæðum í Evrópu** ef borið er saman við önnur svæði með mikla möguleika á endurnýjanlegri orku (s.s. Chile, Ástralía, Mið-Austurlönd)
- Náin **efnahagsleg og pólitísk tengsl** við Evrópusambandið
- Efnahagslegur, pólitískur og fjárhagslegur **stöðugleiki**



1) Þ.m.t. flutningur áfram til upplanda

Heimild: Port of Rotterdam Vision, Hydrogen Import coalition, MPI CEC, European hydrogen strategy, Max Planck Institute, Roland Berger

Mynd 33. Mat á vetnisinnflutningi í Evrópu til ársins 2050 [milljón tonn].

Íslensk fyrirtæki hafa einnig kannað útflutningstækifæri. Í forkönnun sem Landsvirkjun og hafnaryfirvöld í Rotterdam létu vinna og birt var í júní 2021 er búist við að vetnisútflutningur frá Íslandi verði fjárhagslega og tæknilega hagkvæmur og „raunhæfur fyrir 2030“. Í könnuninni er áætlað að á seinni hluta þessa áratugar mætti byggja upp rafgreiningargetu á Íslandi upp á 2-4 TWh, eða 200 til 500 MW.³⁷ Athuginin einskorðaðist við útflutning og því er ekki tekin með í reikninginn sú afkastageta sem þyrfti að auki fyrir innlend orkuskipti.

Vetnis- eða rafeldsneytisáform af svipaðri stærðargráðu gætu fullnægt innlendri eftirspurn og jafnframt falið í sér möguleika á útflutningi. Íslensk stjórnvöld leitast við að kanna tækifæri sem bjóðast með stærri verkefnum þar sem útflutningur er einn þáttur, og það af ýmsum ástæðum:

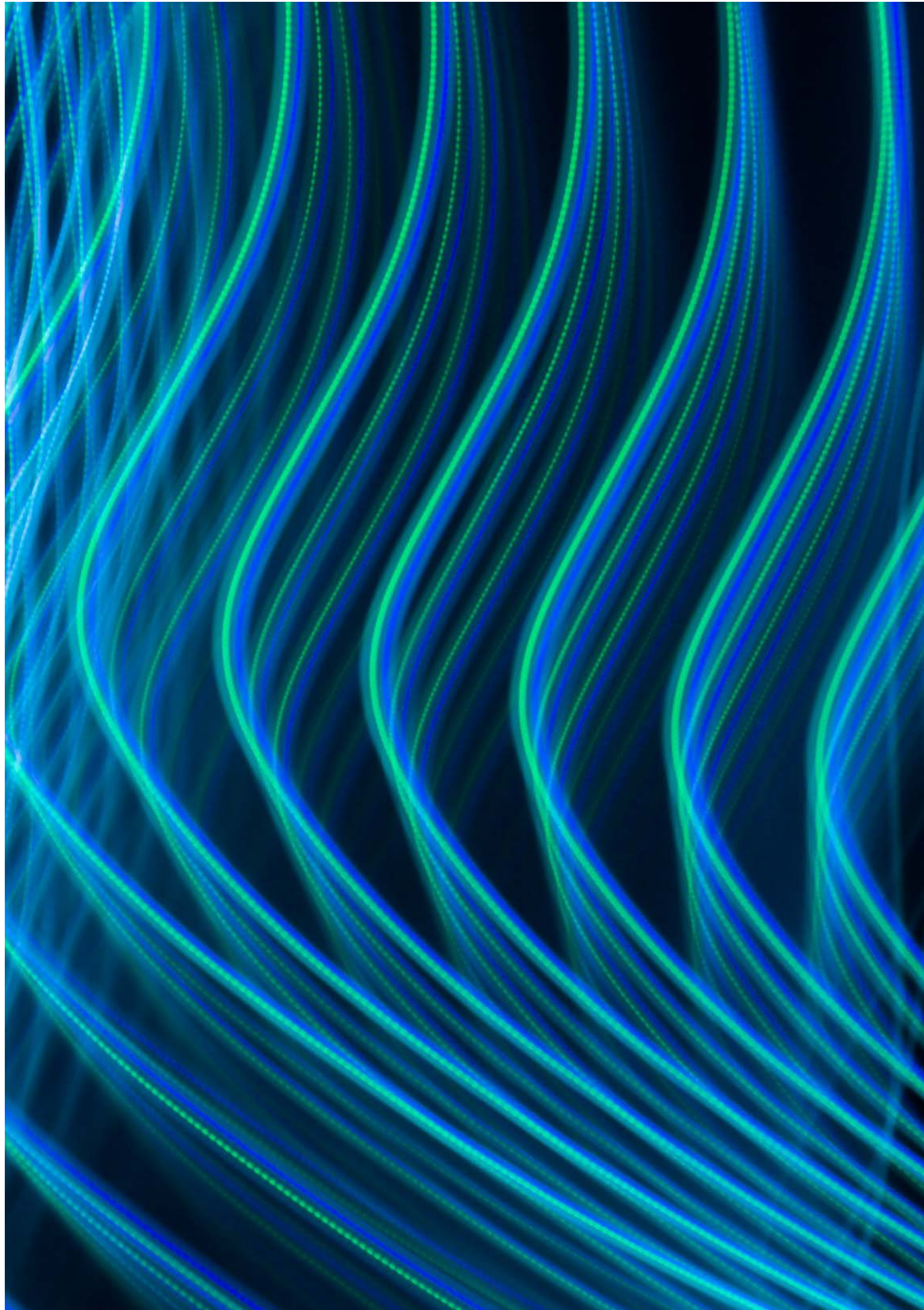
1. **Stærðarhagkvæmni sem fæst með stærri verkefnum dregur verulega úr framleiðslukostnaði vetnis, en það getur ýtt undir aðráttarafl og efnahagslega samkeppnishæfni vetnis og rafeldsneytis þegar litið er til þess að ná markmiðum um samdrátt í kolefnislosun innanlands.**
2. **Að tryggja alþjóðlegar viðskiptaskuldbindingar í tengslum við útflutning í stórum stíl getur minnkað fjárfestingaráhættu á fyrstu stigum verkefnisins og tryggt framboð**

³⁷ <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/study-shows-shipping-green-hydrogen-from-iceland-to-rotterdam-to-be>

á vetni áður en innlend eftirspurn hefur fyllilega tekið við sér og tengdir innviðir hafa verið settir upp.

-
- 3. Innlend eftirspurn getur vaxið samhliða útflutningi þegar hún vex upp úr tilraunastigi fyrstu verkefnanna. Þannig minnkar enn frekar áhætta fjárfestinga á síðari stigum í nýrri tækni fyrir innlenda notendur.**
 - 4. Vöxtur vetnis- og rafeldsneytisframleiðslu á Íslandi í þágu alþjóðlegra kaupenda gæti bætt efnahagslegan ávinning enn frekar og stuðlað að hagvexti á komandi áratugum. Hún gæti orðið ný og veigamikil útflutningsgrein og stoð í hagkerfi landsins.**
-

Orkuframleiðslan sem þörf er á til að stækka vetnis- og rafeldsneytishagkerfið á Íslandi í því skyni að draga úr losun kolefnis í samgöngum og flutningum Vetnisframleiðsla og orkuframleiðsla, sem þörf er á vegna orkuskipta í samgöngum eða vegna annarrar eftirspurnar, s.s. til iðnaðar eða útflutnings, er augljóslega háð framboði á endurnýjanlegum orkugjöfum. Íslensk stjórnvöld leggja mikla áherslu á að ryðja brautina fyrir þriðju orkuskiptin, sem eru nauðsynleg til að uppfylla loftslags- og orkumarkmið. Þannig munu þau, í samræmi við aðgerðaáætlun sína um orkustefnu, kanna hvort útflutningur græns vetnis geti verið viðbótardrífkraftur fyrir útfösun kolefnis og verðmæta- og atvinnusköpun á Íslandi, og halda áfram að vega og meta tengdan kostnað og ávinning.



3. Uppbygging: Áætlun, áfangar fyrir 2030 og horfur fyrir 2040

3.1 Uppbyggingaráætlun og áætlunartímabil

Á grundvelli mats á fýsileika vetnis og rafeldsneytis í tækni- og viðskiptalegu tilliti hefur ríkisstjórn Íslands sett saman eftirfarandi uppbyggingaráætlun fyrir árið 2030 til stuðnings við framtíðarsýn sína varðandi orkustefnuna og vetnishagkerfið til að tryggja að markmið hennar náist. Aukið verður við þessa uppbyggingaráætlun og hún skýrð nánar í væntanlegri orkuskiptaáætlun sem ríkisstjórnin mun gefa út. Orkuskiptaáætlunin er háð frekara innra samráði ráðherra og fjárhagsáætlun. Stefnt er að því að ljúka við og kynna orkuskiptaáætlunina árið 2024.

2020-2030: Byggingareiningar — Til markmiða ársins 2030

Búist er við að vetni muni gegna veigamiklu hlutverki í þungaflutningum þegar litið er til markmiða ársins 2030 um 40% hlutdeild endurnýjanlegrar orku í vegasamgöngum. Áætlað er að rafeldsneyti muni gegna lykilhlutverki í haftengdri starfsemi og þennan áratuginn verður áhersla lögð á að þróa tilraunaverkefni og íblöndun til að ná markmiði ríkisstjórnarinnar um 10% hlutdeild endurnýjanlegrar orku árið 2030. Tilraunaverkefni með rafkerosen verða metin með tilliti til alþjóðaflugs og annað endurnýjanlegt eldsneyti fyrir innanlandsflug kannað frekar. Meirihluti fjárfestinga í innviðum mun þjóna markmiðum um samdrátt kolefnislosunar í vegasamgöngum, haftengdri starfsemi og innanlandsflugi.

Tímabilið fram til 2030 skiptir öllu máli því að það er þá sem grunnurinn er lagður að frekari samdrætti í kolefnislosun áratugina á eftir. Það er því grundvallaratriði að viðkomandi innviðauppbygging og fjárfestingar í vetnisvirðisæðjunni fari fram fyrir 2030. Ekki er hægt að bíða fram á næsta áratug með að taka þessar ákvarðanir.

Gera þarf frekari hagkvæmniathuganir til að komast að niðurstöðu um staðsetningar, stærðir og eldsneytistegundir.

Stjórnvöld munu meta möguleika umframframleiðslu vetnis og rafeldsneytis til útflutnings og hvaða áhrif slík framleiðsla hefði á getu landsins til að ná markmiðum um samdrátt í losun kolefnis, hvort sem þau varða stærðarhagkvæmni, hraðari innleiðingu eða aðra þætti.

Ríkisstjórnin gerir sér grein fyrir að allt sem gerist frá deginum í dag og til ársins 2030 er mikilvægt og skapar forsendurnar fyrir miklu hraðstígari breytingar á tímabilinu fram til 2040.

2030-2040: Hnitmiðuð áframhaldandi uppbygging — Rafeldsneyti fyrir skip og flugvélar

Á næsta áratug er gert ráð fyrir að eftirspurn eftir vetni aukist enn frekar á öllum þremur sviðum samgangna. Á leiðinni að því markmiði að landið verði óháð jarðefnaeldsneyti

árið 2040 mun haftengd starfsemi og flugstarfsemi gegna æ stærra hlutverki. Búist er við að markaðurinn fyrir vetni í þungaflutningum á vegum vaxi samhliða kerfisbundinni uppbyggingu á framleiðslugetu rafeldsneytis, t.d. með rafmetanóli, rafammóníaki, rafdíslu, rafkeroseni eða öðrum orkuberum. Val á orkubera fyrir starfsemi á sjó mun ráðast af markaðsaðstæðum, tæknipróun og skipahönnun og búist er við uppskölun tilraunaverkefna með orkubera fyrir skip og flugvélar.

Að ná markmiðum ársins 2030: Vetnisdalir

Svæðisbundin samþætt vetnisvistkerfi, svokallaðir „vetnisdalir“ (e. Hydrogen Valleys) eru í auknum mæli notuð sem umgjörð til að þróa vetnishagkerfið. Með samþættri nálgun sinni ryðja vetnisdalir brautina fyrir svæðisbundin „vetnis-smáhagkerfi“ með því að samtvinna framboð og eftirspurn, oft með langtímakaupsamningum þar sem aðilar með sameiginlega hagsmuni vinna saman, og stuðla þannig að þróun markaðarins. Árangurinn er sá að áhættan við að fjárfesta í verkefninu minnkar og lífvænleiki hugmyndarinnar eykst.

Á undanförnum árum hefur þetta hugtak náð öruggri fótfestu í evrópsku fjármögnunar- og samstarfsumhverfi. Með vetnisdölunum myndast svæðisbundin „vetnishagkerfi“ sem eru fyrstu skrefin í átt að vetnishagkerfi þjóða. Í þessu fyrirkomulagi felst jafnan fleiri milljóna evra fjárfesting, sem nýtur fjárhagslegs stuðnings frá stjórnvöldum.

Til að auka umsvif greinarinnar fram til ársins 2030 mun Ísland taka mið af vetnisdalsnálguninni, leiða þannig saman framboð og eftirspurn í meðalstórum og stórum verkefnum og tengja hugsanlega saman mismunandi starfsemi sem notar framleiðsluna í kjölfarið, í því skyni að samnýta innviði.

Straumur 1: Vetnisdalur til að draga úr kolefnislosun frá vegasamgöngum (frá árinu 2024)

Eigi síðar en árið 2030 þarf að byggja upp nauðsynlega innviði til að hægt sé að skipta út hefðbundnum þungaflutningabílum og hópbifreiðum fyrir farartæki sem knúin eru með vetni. Þarna er m.a. um að ræða uppbyggingu nauðsynlegrar framleiðslugetu fyrir vetni ásamt neti vetnisáfyllingarstöðva í vegakerfi landsins, sem gæti talið 10-30 stöðvar þegar uppbyggingu er lokið. Uppbygging nauðsynlegra innviða mun senda skýrt merki til innlendra notenda vetnistrukka, og búnaðarframleiðenda, um að Ísland sé einbeitt í þeirri ætlun sinni að gera útfösun kolefnislosunar í þungaflutningum að veruleika.

Straumur 2: Vetnisdalur til að draga úr kolefnislosun frá haftengdri starfsemi (frá árinu 2026)

Næsti fasi mun — ásamt uppskölun í framkvæmdum í straumi 1 — snúast um að byggja upp innviði til að draga úr kolefnislosun í haftengdri starfsemi. Þetta felur m.a. í sér mat á því hvort hægt sé að auka vetnisframboð til að þjóna skipum búnum efnarafölum eða



til að framleiða rafeldsneyti til íblöndunar eða til beinnar notkunar í nýjum eða endurbættum skipum. Sem fyrsta skref er ráðgert að breyta skipum í eigu ríkisins og láta þau ganga fyrir vetni eða rafeldsneyti fyrir árið 2030. Jafnframt verða byggðir upp nauðsynlegir innviðir fyrir eldsneytistöku nýrra skipa svo að þau sé hægt að þjónusta um leið og þau hafa verið tekin í notkun.

Íslensk stjórnvöld styðja „vetnisdalsnálgunina“ sem sameiginlegt átak allra viðkomandi innlendra og alþjóðlegra hagsmunaaðila. Fyrir báða straua gildir að íslensk stjórnvöld munu athuga hvernig hægt væri að gefa færi á stuðningi með það fyrir augum að mynda hvata og minnka áhættu fyrir fjárfestingar úr einkageiranum, eins og nánar verður fjallað um í orkuskiptaáætluninni um framkvæmd vegvísisins.

3.2 Stefnurammi og hvatakerfi til að koma vegvísinum í framkvæmd

Til að loftslagsmarkmið ríkisstjórnarinnar náist og landið verði óháð jarðefnaeldsneyti árið 2040 þarf mikið magn endurnýjanlegrar orku og rafgreiningargetu. Íslensk stjórnvöld munu huga nánar að stefnuramma og hvötum til stuðnings við áætlanir sínar og framkvæmd þeirra. Uppbygging vetnis- og rafeldsneytishagkerfisins er einn þáttur í þeim aðgerðum sem Ísland tekst á hendur á næstu áratugum.

Eftirfarandi yfirlit sýnir stefnumið og aðgerðir sem þegar eru til staðar. Tíu þeirra tengjast rafvæðingu eða orkuskiptum bílaflotans, þrjár snúa að eflingu almenningssamgangna og því að ýta undir hjólreiðar og göngur, þrjár varða rafvæðingu ferja og sú síðasta snýr að samdrætti í losun frá flugi.

Stefna og aðgerð	Tegundir úrræða	Staða ²⁸	Lýsing
Þátttaka í alþjóðlegu kerfi til að draga úr losun frá flugi (ETS og CORSIA)	Efnahagslegt, reglusetning	Í framkvæmd	Ísland mun taka þátt í CORSIA sem er ætlað að minnka losun gróðurhúsalofttegunda frá flugstarfsemi.
Ívilnanir fyrir vistvæn ökutæki	Efnahagslegt, skattalegt, reglusetning	Í framkvæmd	Skattaívilnunum verður haldið áfram og þær auknar eftir þörfum til að ýta undir notkun vistvænna bíla á Íslandi.
Innviðir fyrir vistvæn ökutæki	Efnahagslegt, skattalegt, reglusetning	Í framkvæmd	Uppbygging innviða fyrir vistvæn ökutæki verður efl. Fjárfestingarstyrkir hafa verið veittir til að koma upp hraðhleðslustöðvum víða um landið, einnig nálægt gististöðum, auk annarra ívilnana.
Lög og reglur vegna orkuskipta	Reglusetning	Í framkvæmd	Ýmsar ráðstafanir hafa nýlega verið gerðar í þessu sambandi, þar á meðal er krafa um að við nýjar byggingar sé gert ráð fyrir hleðslustöðvum fyrir rafbíla og laga-breytingar sem auðvelda uppsetningu hleðslustöðva fyrir rafbíla í fjöleignarhúsum.
Nýskráning bensín- og dísilbíla óheimil árið 2030	Reglusetning	Í framkvæmd	Nýskráning dísil- og bensínbíla verður óheimil árið 2030, með nokkrum undantekningum.
Innviðir fyrir virka ferðamáta	Skattalegt	Í framkvæmd	Skattaívilnanir verða samþykktar til að fjölga þeim sem nota virka ferðamáta, svo sem hjólréiðar og göngur.
Efling almenningsamgangna	Efnahagslegt, reglusetning	Í framkvæmd	Almenningsamgöngur verða eflar með því að bæta almenningsamgöngukerfið á höfuðborgarsvæðinu. Almenningsamgöngur milli þéttbýlissvæða á landsbyggðinni verða styrktar.
Vistvæn ökutæki í opinberum og ríkisfyrirtækjum	Efnahagslegt, reglusetning	Í framkvæmd	Ríkisaðilum er skylt að kaupa vistvænar bifreiðar þegar þeir endurnýja bílaflota sína.
Orkuskipti í ferjum	Skattalegt	Í framkvæmd	Í ferjum sem eru í reglubundnum rekstri á leiðum sem flokkast sem hluti af þjóðvegakerfinu verður skylt að nota jarðefnalaust eldsneyti.
Ívilnanir fyrir virka ferðamáta	Efnahagslegt, upplýsingagjöf	Í framkvæmd	Skattaívilnanir verða samþykktar til að fjölga þeim sem nota virka ferðamáta, svo sem hjólréiðar og göngur.
Orkuskipti í þungaflutningum	Skattalegt	Samþykkt (ekki í framkvæmd)	Starfshópur hefur verið myndaður sem vinnur að því að hraða orkuskiptum farartækja í þungaflutningum.
Ívilnanir fyrir vistvæna bílaleigubíla	Efnahagslegt, skattalegt	Samþykkt (ekki í framkvæmd)	Aðgerðin miðar að því að auka aðgengi að vistvænum bílaleigubílum. Skattaívilnanir verða veittar að því er varðar tekjur af útleigu vistvænna bílaleigubíla.

Stefna og aðgerð	Tegundir úrræða	Staða ³⁸	Lýsing
Orkuskipti í skipum á vegum ríkisins	Skattalegt	Samþykkt (ekki í framkvæmd)	Aðgerðin miðar að því að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis í skipum í ríkiseigu öðrum en ferjum.
Full fyrning bifreiða á kaupári	Skattalegt, efnahagslegt	Í framkvæmd	Full fyrning á kaupári, niður í niðurlagsverð, á ökutækjum sem knúin eru metani, metanóli, rafmagni eða vetni.
Viðbótarfyrning (+ 25%) á kaupári	Efnahagslegt, skattalegt	Í framkvæmd	Auk fullrar fyrningar á kaupárinu er veitt 25% viðbótarfyrning af fyrningarupphæðinni.
Engin vörugjöld	Efnahagslegt, skattalegt	Í framkvæmd	Engin vörugjöld þarf að greiða af rafknúnum ökutækjum.

Mynd 34. Framkvæmdar og samþykktar aðgerðir á sviði samgangna.

Að því er varðar vegasamgöngur sérstaklega, þá hafa verið innleiddir nokkrir hvatar fyrir farartæki sem ganga fyrir vetni og rafeldsneyti, þeir eru:

- Enginn virðisaukaskattur af skattskyldri veltu upp að 6,5 milljónum króna (til ársloka 2023)**
- Enginn virðisaukaskattur af tekjum af útleigu ökutækja (til ársloka 2023)**
- Engin vörugjöld**
- Full fyrning ökutækis á kaupári (til ársloka 2023)**
- Viðbótarfyrning (+ 25%) á kaupári (til ársloka 2023)**
- Lágmarks bifreiðagjald án tillits til stærðar ökutækis**

Flestir þeirra hvata sem teknir hafa verið upp beinast að vegasamgöngum. Innan þessa flokks hafa hvatarnir mismunandi áhrif á undirflokk. Nr. 1 (undanþága frá VSK) hefur ekki áhrif á atvinnuökutæki, þar sem fyrirtæki eru almennt undanþegin virðisaukaskatti. Á sama hátt, að því er varðar nr. 3 (vörugjöld), eru ökutæki á borð við stórar hópbifreiðar, vöruflutningabíla og torfærubíla sem og bíla sem eru eingöngu notaðir í bílaþróttum og til björgunaraðgerða almennt undanþegin vörugjöldum. Samanlagt fylgja þessum ráðstöfunum yfirleitt ekki ný hvataáhrif í þágu vistvænna þungaflutningabíla.

³⁸ Framkvæmd stefnu er almennt skilgreind sem röð aðgerða stjórnvalda og viðkomandi aðila til að ná þeim markmiðum sem sett eru fram í stefnuyfirlýsingum. Aftur á móti vísar samþykkt stefnu til þess áfanga stefnuframkvæmdar þar sem stefnumið eru samþykkt af opinberum aðilum til framkvæmdar í framtíðinni: hins vegar hefur ekki verið gripið til aðgerða enn.

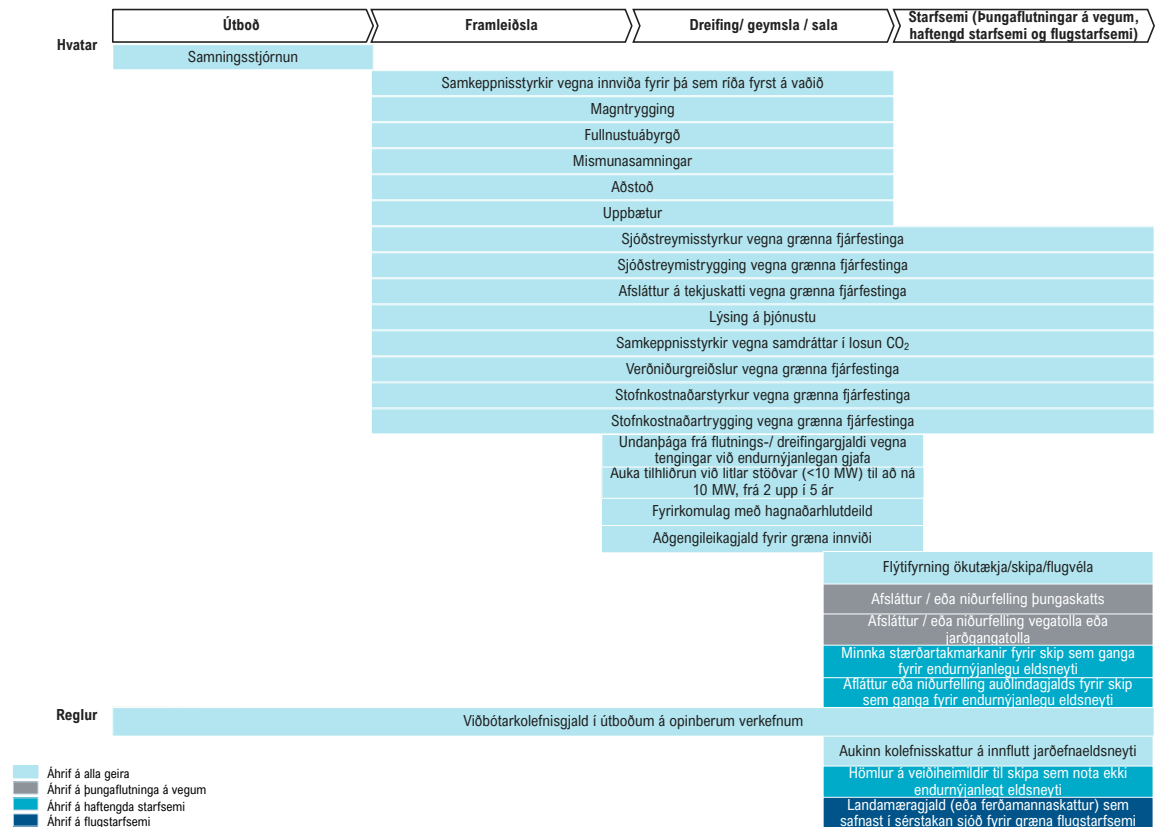


Ívilnunin sem heimilar 25% viðbótarfyrningu á kaupári er undantekning, þar sem hún gildir einnig fyrir sjósamgöngur innanlands. Í núverandi mynd hefur þessi ráðstöfun ekki áhrif á sjávarútveginn.

Hingað til hafa engir hvatar verið innleiddir sem beinast beint að framleiðslu rafeldsneytis.

Í Mynd 35 hér á eftir eru sýnd dæmi úr ýmsum þrepum virðiskeðjunnar. Sérstaklega var sjónum beint að þrepunum „Útboð“, „Framleiðsla“, „Dreifing, geymsla, sala“ og „Endanotkun“. Fyrir útboðsferlið gæti ríkisstjórnin metið fyrirkomulag sem nefnist „samningsstjórnun“ (e. contract governance). Það tryggir áreiðanlegt leyfisveitingaferli allt frá upphafi. Af öðrum úrræðum má nefna beinar ívilnanir gegnum verð eða stofnkostnaðarstyrk, og önnur áhættuminnkandi verkfæri, s.s. „Mismunasamning“ (e. Contract for Difference). Þetta er afar mikilvægt til að tryggja kaupaðila þegar framleiðslugeta er aukin, einkum upp úr 2030. Annað hugsanlegt verkfæri gæti verið „hvata/refsi“-kerfi sem leiðir til kerfisbundinnar tilhneigingar í átt að grænni tækni. Mörg verkfæranna krefjast lagabreytinga. Hvert valið verkfæri hefur ólíka eiginleika sem geta gert stjórnvöldum kleift að stjórna mismunandi lykiláhættuþáttum.

Hugsanleg stuðningsúrræði og reglur eftir geirum og þrepum í virðiskeðjunni (1/2)



Heimild: Roland Berger

Roland Berger | 35

Mynd 35. Dæmi um hvata og áhættuminnkandi verkfæri sem mætti kanna.

Ríkisstjórnin mun skoða einstaka valkosti gaumgæfilega til að meta hvaða verkfæri gæti hentað við tiltekna aðstæður. Ennfremur er nauðsynlegt að stjórnvöld tryggja að ráðstafanirnar leiði ekki til röskunar á samkeppnisstöðu íslenskra fyrirtækja gagnvart öðrum löndum né að þær hafi í för með sér kolefnisleka. Þetta gæti haft mikla þýðingu, ekki síst í tengslum við flugstarfsemi. Vegna legu sinnar í Norður-Atlantshafi hefur Ísland töluverða sérstöðu þar sem fjarlægðin milli Íslands og evrópskra áfangastaða er yfirleitt meiri en milli annarra Evrópulanda.

Verkfæri sem gjarnan er beitt í tengslum við vetnisvæðinguna eru:

Verkfæri	Lýsing	Lykilþættir	Dæmi um notkun frá Evrópu
Mismuna-samningar	Mismunasamningur er tekjustuðningur þar sem hið opinbera ábyrgist að bæta einkareknum rekstraraðilum upp (með peningagreiðslu) mismuninn á meðal-söluverði og fyrirfram skilgreindu „marksöluverði“ (þ.e. lausnarverði) fyrir tiltekna framleidda vöru, á móti því að rekstraraðilarnir reki starfsemina.	Auk þess að miðast við raunverulegt magn seldrar vöru og mismuninn á lausnarverði og raunverulegu söluverði er fjárhæðin sem hið opinbera greiðir einkareknum rekstraraðilum háð fjármögnunarvilja hins opinbera og öðrum þáttum, s.s. kröfum samkvæmt reglum (ESB varðandi ríkisaðstoð).	Þýska ríkisstjórnin mun styðja notkun rafgreina með því að hrinda af stað áætlun sem ber yfirskriftina „Kolefnis-tengdir mismunasamningar“. Fjármögnun áætlunarinnar nemur 3 milljörðum evra til ársins 2024.
Sjóðstreymis-trygging	Sjóðstreymistrygging er trygging sem hið opinbera veitir einkareknum rekstraraðilum til að bæta upp (a.m.k. ákveðna hluta) árlegan neikvæðan EBITDA-hagnað af rekstrinum, ef um er að ræða, á móti því að rekstraraðilarnir reki starfsemina.	Raunveruleg upphæð peningagreiðslunnar er háð því að EBITDA-hagnaður reynist neikvæður, fjármögnunarvilja hins opinbera og öðrum þáttum, s.s. kröfum samkvæmt reglum (ESB varðandi ríkisaðstoð) og atriðum skilgreindum í samningum, s.s. meðtalningu tiltekins kostnaðar.	H2 Global-framtaksverkefnið, sem Þýsk stjórnvöld settu af stað, tryggði einkaaðila á vetnismarkaðnum, t.d. rekstursaðila vetnisáfyllingarstöðvar, endurgreiðslu ákveðinna kostnaðarútgjalda ef um yrði að ræða neikvæðan EBITDA-hagnað, á móti því að starfrækja stöðina.
Stofnkostnaðarstyrkur	Stofnkostnaðarstyrkur er peningagreiðsla frá hinu opinbera til einkarekinna framkvæmdaaðila sem innt er af hendi á móti byggingarframkvæmdum (og efnendum samningsbundinna krafna um byggingu) framkvæmdaaðilanna. Stofnkostnaðarstyrk er hægt að greiða fyrirfram eða á ársgrundvelli.	Raunveruleg upphæð fjárins sem hið opinbera greiðir framkvæmdaaðilunum er háð fjármögnunarvilja hins opinbera og öðrum þáttum, s.s. kröfum samkvæmt reglum (ESB varðandi ríkisaðstoð) og atriðum skilgreindum í samningum.	Þýsk stjórnvöld ýta undir kaup á léttum og þungum atvinnuökutækjum sem ganga fyrir óhefðbundnu eldsneyti og tilheyrandi áfyllingarstöðvum og hleðslu-innviðum; 80% aukalegs fjárfestingarkostnaðar á hvert ökutæki er niðurgreiddur (aukalegur kostnaður sem fylgir kaupum á sambærilegum ökutækjum sem knúin eru af óhefðbundnu eldsneyti í stað ökutækis með hefðbundnu drifkerfi) og 80% innviðafjárfestingar (í mesta lagi 15 milljónir evra á hvern umsækjanda og ár).

Ríkisstjórnin mun leggja mat á hvernig þau gætu nýst og hvernig mætti hugsanlega aðlagga þau til að skapa hvata fyrir þær fjárfestingar sem nauðsynlegar eru til að ná hinum metnaðarfullu markmiðum landsins fyrir árið 2040.

3.3 Fjárfestingapörf vegna uppbyggingar til ársins 2030

Þörf verður á fjárfestingum í allri vetnisvirðiskeðjunni, frá framleiðslu til endanlegrar notkunar, ef tryggja á farsæla uppbyggingu íslensks vetnis- og rafeldsneytishagkerfis.

Fyrir framkvæmd þessa vegvísis þarf að taka til athugunar almennt framboð á rafmagni, þ.m.t. nýja endurnýjanlega orkuframleiðslu og endurhönnun á flutningskerfinu, ásamt rafgreiningarbúnaði og búnaði til umbreytingar fyrir geymslu og flutninga. Einnig þarf að hugsa fyrir búnaði sem þarf til rafeldsneytisframleiðslu, svo sem búnaði til vinnslu, kolefnisföngunar og hreinsunar.

Þegar litið er til dreifingar þarf að bæta við flutningsgetu sem gerir kleift að flytja vetni frá framleiðslueiningum til áfyllingarstöðva.

Að því er varðar vegasamgöngur er aðgengi að vetnisáfyllingarstöðvum forsenda þess að vetnisnotkun nái útbreiðslu. Upplýsingar frá atvinnugreininni benda til að fyrir þungaflutningabíla og hópbifreiðar gæti nægt að hafa 10-30 stöðvar í landinu.

Þegar kemur að skipum og flugvélum kann að vera þörf á frekari fjárfestingum í eldsneytisstöðvum, geymslu fyrir rafeldsneyti og viðkomandi búnaði við hafnir og á flugvöllum. Frekari hönnun kerfisins mun ráðast af mörgum þáttum, s.s. vinnuþrýstingi ökutækja, tæknitengdum ákvörðunum um rafeldsneytistegundir o.fl.

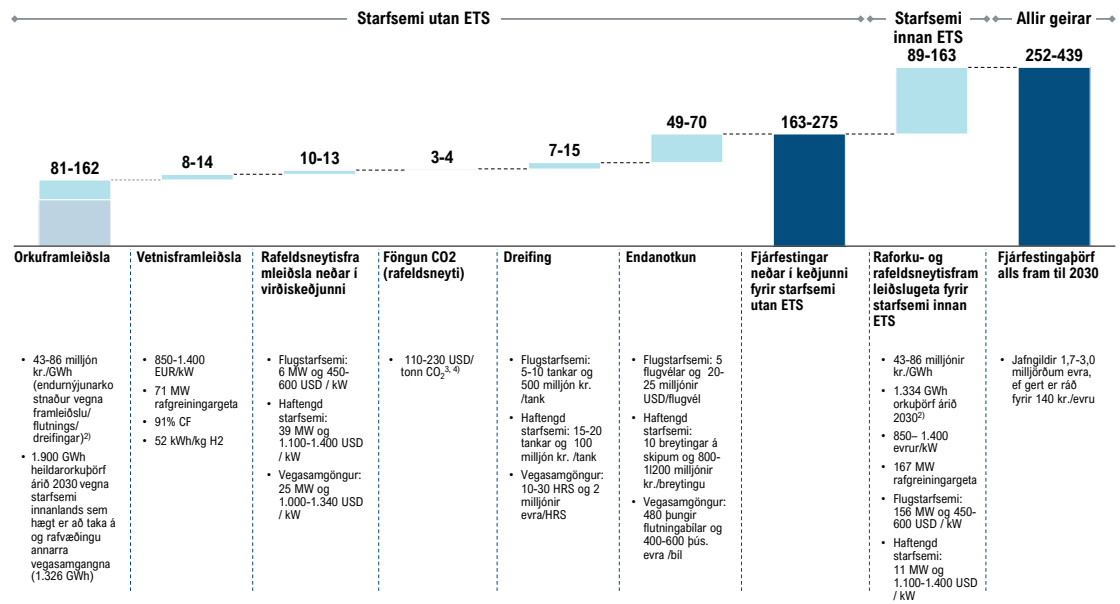
Greining sérfræðinga sýnir að fram til 2030 gæti samanlögð heildarfjárfesting sem þarf til að ná þessum markmiðum fyrir 2030 numið 160-275 milljörðum króna að því er snertir notkun innanlands (ESR-geira), og 90-160 milljörðum króna til viðbótar ef gert er ráð fyrir innlendri framleiðslu rafeldsneytis fyrir starfsemi innan ETS-geira. Þessar fjárfestingar gætu því í heild verið á bilinu 250-440 milljarðar króna. Til samanburðar var áætluð verg landsframleiðsla Íslands árið 2022 um 3,797 milljarðar króna³⁹ og áætlaðar heildartekjur ríkisins sama ár 1,230 milljarðar króna⁴⁰. Því gætu samanlagðar nauðsynlegar fjárfestingar fram til ársins 2030 verið á bilinu 6-12% af VLF ársins 2022.

Íslensk stjórnvöld munu skoða og meta hentugar leiðir til að styðja fjárhagslega þessar nauðsynlegu fjárfestingar. Ennfremur mun ríkisstjórnin kanna tækifæri til að hafa tekjur af grænum fjárfestingum og vinna með einkageiranum til að hagnýta einkafjármagn til fjármögnunar orkuskiptaverkefna í landinu.

³⁹ Hagstofan (janúar 2024 - <https://hagstofa.is/talnaefni/efnahagur/thjodhagsreikningar/landsframleidsla/>)

⁴⁰ Fjársýsla ríkisins (Janúar 2024 - <https://rikisreikningur.is/>).

Hugsanleg fjárfestingaþörf í virðiskeðjunni vegna markmiða ársins 2030 [milljarðar króna]¹



1) Frátalin eru önnur möguleg svið s.s. flutningar á rafhráðli til hreinsunar, flutningskostnaður o.s.frv.; 2) Reglugerð um sameiginlegar efndir (ESR); 3) Viðskiptakerfi ESB með losunarheimildir (ETS)
 Heimild: Roland Berger

Mynd 36. Hugsanleg fjárfestingaþörf fram til ársins 2030.

Á heildina litið mun uppbyggingin krefjast umtalsverðra fjárfestinga.

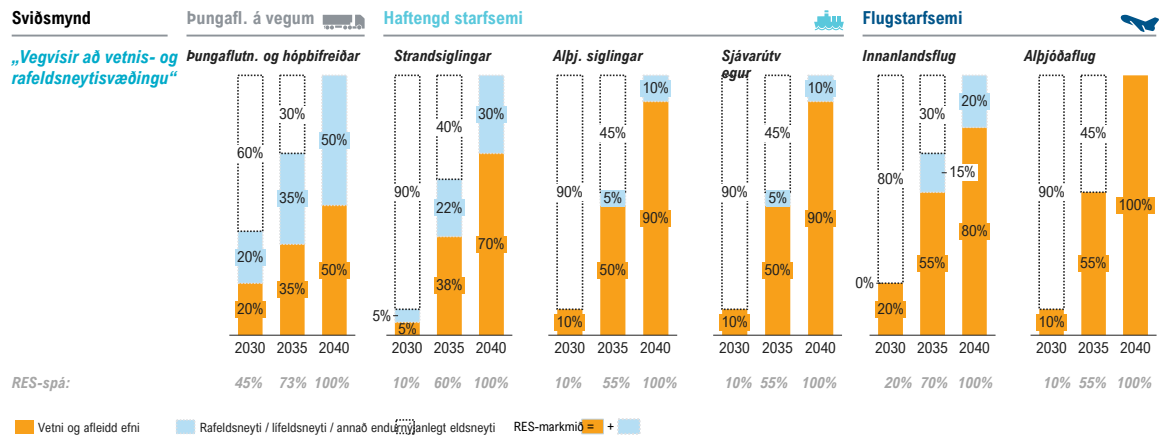


4. Viðauki

Áætlaðar sviðsmyndir vetnisvæðingar eftir geirum

Hér að neðan má sjá áætluð upptökuhlutföll vetnis, rafeldsneytis og annars endurnýjanlegs eldsneytis á ári, fyrir hvert undirsvið (þungaflutninga á vegum, haftengda starfsemi og flugstarfsemi).

Upptökuhlutföll vetnis og endurnýjanlegs eldsneytis – Spár



Heimild: Hagstofa Íslands, gagnaramsóknir, sérfræðiviðtöl, Roland Berger

Mynd 37. Yfirlit yfir upptökuhlutföll.

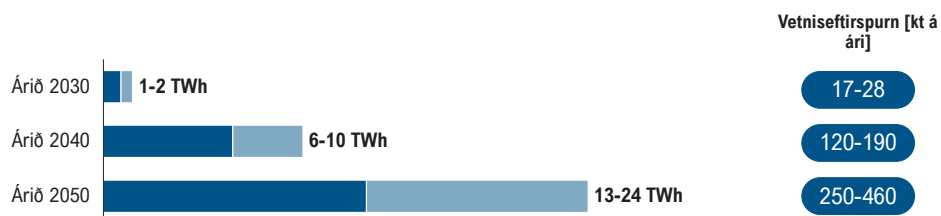
Fyrri drög að vegvísinum

Drög að vegvísinum frá 2021 voru höfð til hliðsjónar við að meta orkuþörfina fyrir full orkuskipti samkvæmt Grænbók, sem gefin var út af ríkisstjórninni í mars 2022. Niðurstöðurnar hér á eftir gefa til kynna orkuþörf miðað við áætlaða eftirspurn eftir vetni og rafeldsneyti í þungaflutningum á vegum, starfsemi á sjó (að undanskildum alþjóðasiglingum) og flugstarfsemi. Athugið að orkuþörf fyrir rafknúin ökutæki er ekki tekin með í matinu.

Helsti munurinn á forsendum í drögnum 2021 og vegvísinum 2024 er:

1. Gert var ráð fyrir landið yrði óháð jarðefnaeldsneyti árið 2050 í drögnum 2021, en 2040 í vegvísinum 2024
2. Alþjóðasiglingar eru hafðar með 2024, en ekki í drögnum 2021
3. Hvað varðar alþjóðaflug er forsendan 0,75 kg H₂/kg rafkerosens árið 2024, en var 0,94 kg H₂/kg rafkerosens í drögnum árið 2021
4. Uppfærð eldsneytisspá frá Orkustofnun var notuð árið 2024, en eldri útgáfa í drögnum 2021
5. Mat á orkupörf rafknúinna ökutækja er tekið með árið 2024, en var ekki haft með í drögnum 2021

Möguleg eftirspurn eftir endurnýjanlegri orku til vetnisframleiðslu [TWh/ár]¹



Mynd 38. Mat á orkupörf fyrir full orkuskipti, úr drögum að vetnis- og rafeldsneytisvegvísi fyrir Ísland 2021.

