



C22:01 Áhrif aðgerða í loftslagsmálum
Kostnaðar- og ábatamat

júlí 2022

HAGFRÆÐISTOFNUN



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Formáli

Í mars 2021 samdi umhverfisráðuneytið við Hagfræðistofnun um að stofnunin legði mat á kostnað og ábata af aðgerðum stjórnvalda í loftslagsmálum sem kynntar voru um mitt ár 2020. Meta skyldi kostnað og ábata af 23 aðgerðum. Áhrif aðgerðanna á einstaka þjóðfélagshópa yrðu jafnframt skoðuð.

Að skýrslunni unnu hagfræðingarnir Ásthildur Jóhannsdóttir, Kári Kristjánsson, Ágúst Arnórsson og Sara Þrastardóttir Sördal, auk mín. Hagfræðingarnir Kristín Eiríksdóttir og Þórhildur Hansdóttir Jetzek lásu yfir handrit. Við Sara unnum að frágangi skýrslunnar á fyrstu mánuðum árs 2022.

Þakkir fyrir margvíslegar ábendingar fær verkefnisstjórn um aðgerðaáætlun í loftslagsmálum. Sérstaklega ber að nefna Ólaf Heiðar Helgason í fjármálaráðuneytinu og Eygerði Margrétardóttur hjá Sambandi íslenskra sveitarfélaga. Starfsmaður verkefnastjórnarinnar, Anna Sigurveig Ragnarsdóttir, sérfræðingur í umhverfis- og auðlindaráðuneytinu, hefur séð um samskipti við stofnunina af hálfu ráðuneytisins og svarað fjölmörgum spurningum um efnið.

Margir aðrir greiddu götu verkefnisins. Sérstakar þakkir fá Jón Ásgeir Þorvaldsson, starfsmaður Orkustofnunar, sem veitti aðgang að bráðabirgðagögnum um eldsneytisnotkun bifreiða og Björgvin Brynjarsson, hjá Eflu, sem lét í té gögn um kostnað við að skipta um kælibúnað í verslunum. Þá fá Ólöf Kristjánsdóttir og Albert Skarphéðinsson, starfmenn Mannvits, og Andreas Kildegaard Pedersen og Meta Reimer Brødsted, hjá Cowi í Danmörku, þakkir fyrir þó nokkra þolinmæði og svör við fjölmörgum spurningum um athugun Mannvits og Cowi á hagkvæmni Borgarlínu.

Tveim óháðum ritrýnum eru þakkaðar góðar ábendingar, sem veittar voru í haust sem leið. Eftir það héldu athugasemdir áfram að berast frá verkefnisstjórn, þær síðustu rétt fyrir jól 2021, og reyndust margar þeirra gagnlegar. Skýrslan hefur því tekið töluverðum breytingum eftir að ritrýnar fóru höndum um hana.

Þá fær Oddgeir Eysteinnsson, m.litt., þakkir fyrir ráð um málfar.

Reykjavík 14. júlí 2022,

Sigurður Jóhannesson.

Samantekt og ályktanir

Í aðgerðaáætlun í loftslagsmálum sem stjórnvöld lögðu fram um mitt ár 2020 eru kynntar 48 aðgerðir sem miða að því að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda. Þar af voru 15 ekki í fyrri útgáfu, sem út kom haustið 2018. Í þessari skýrslu er lagt mat á kostnað og ábata af 22 aðgerðum, sem nógar upplýsingar voru taldar liggja fyrir um.¹ Einnig eru áhrif þeirra á einstaka þjóðfélagshópa skoðuð.

Ein mikilvægasta forsenda kostnaðar- og ábatamatsins er hvernig meta á tjón af losun gróðurhúsalofttegunda. Hér er tekið mið af verði á losunarheimildum á markaði Evrópusambandsins undanfarin ár, en það hefur hækkað hratt. Fyrir komandi ár er stuðst við breskt mat á því hvert verðið þarf að vera ef hitastig á jörðinni á ekki að hækka um meira en tvær gráður frá því sem var fyrir iðnbyltingu. Gert er ráð fyrir að verð á losunarheimildum hækki áfram hratt. Kostnaður og ábati á komandi árum er núvirtur með 5% raunvöxtum. Þegar vextir hækka vega seinni ár léttar í matinu. Til samanburðar má nefna að Evrópusambandið og Bandaríkjamenn krefjast 4-7% ávöxtunar í kostnaðar- og ábatamati á opinberum fjárfestingum, en 3% ávöxtunar af áhættulitlum útgjöldum. Árið 2015 notaði Nóbelshafinn William Nordhaus 4% raunvexti í mati á loftslagsaðgerðum Bandaríkjamanna, en hann telur rétt að nota heldur hærri vexti í mati á aðgerðum annarra þjóða. Í lok hvers kafla hér á eftir kemur fram hvað kolefnisverð og ávöxtunarkrafa þurfa að breytast mikið til þess að önnur niðurstaða fáiast.

Sumar aðgerðir eru hagkvæmari en aðrar. Ná má meiri árangri með því að hætta við óhagkvæmar aðgerðir, þar sem það er hægt, og leggja meiri áherslu á hinar. Óhagkvæmar loftslagsaðgerðir rýra ekki aðeins hag landsmanna, heldur draga þær úr getu þeirra til þess að beita þeim ráðum í loftslagsmálum sem borga sig.

Aðgerðir í loftslagsmálum eru af ýmsu tagi. Íslensk stjórnvöld hafa gengist undir það með samningum við aðrar þjóðir að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda hér á landi. Flugfélög og stóriðja taka þátt í viðskiptakerfi Evrópusambandsins með losunarheimildir, en þar bera íslensk stjórnvöld ekki beina ábyrgð á útkomunni. Þá hafa þau fallist á að auka ekki losun frá skógrækt og annarri landnýtingu. En að auki hafa íslensk stjórnvöld sett sér metnaðarfullri markmið um að draga úr losun á ýmsum sviðum og binda kolefni með því að endurheimta votlendi og rækta skóg og annan gróður.

Atvinnugreinar sem taka þátt í viðskiptakerfi Evrópusambandsins með losunarheimildir eru ekki skoðaðar hér. Aðrar aðgerðir eru allar metnar á sama hátt, hvort sem þær taka til skuldbindinga

¹ Ekki er lagt mat á aðgerð I.4, en með henni á að koma í veg fyrir að meira verði ræst fram af votlendi hér á landi.

sem íslensk stjórnvöld hafa gengist undir með samningum við aðrar þjóðir eða markmiða sem þau sjálf hafa sett sér.

Hagkvæmustu loftslagsaðgerðirnar virðast vera:

- > Efling landgræðslu.
- > Efling skógræktar.
- > Endurheimt votlendis.
- > Raftenging við skip í höfnum.
- > Skattar á losun flúrlofts (f-gasa) og beinar takmarkanir á innflutningi þess.
- > Orkuskipti í ferjum.
- > Föngun kolefnis frá jarðhitavirkjunum.
- > Álagning kolefnisgjalds.

Mikinn ábata af aðgerðum á landi, landgræðslu, skógrækt og endurheimt mýrlendis má ekki síst þakka því að gert er ráð fyrir að verð á losunarheimildum hækki áfram hratt á komandi áratugum. Áhrif skógræktar á ásynd lands, náttúrlegan gróður og fuglalíf eru ekki verðlögð í þessari skýrslu, en þau gætu orðið töluverð. Sumir fræðimenn draga raunar í efa að skógrækt á norðurslóðum vinni gegn hitnun jarðar, þar sem skógarnir dragi úr endurkasti sólarljóss, en endurkast hefur lítið verið skoðað hér á landi.

Svo virðist sem raftenging skipa í höfnum borgi sig án þess að reiknaður sé ábati af minni losun gróðurhúsalofttegunda. Hið sama má segja um það að láta ferjur ganga fyrir rafmagni að hluta til eða öllu leyti.

Flúrloft er nýtt í kælum í verslunum, skipum og loftræstikerfum. Kælikerfi sem gerð eru fyrir skaðminna loft eru dýrari en kerfi fyrir flúrloft, en aðföngin eru ódýrari. Skiptin eru tiltölulega ódýr.

Miklar vonir eru bundnar við niðurdælingu koltvísýrings í berg í jarðhitavirkjunum. Samkvæmt upplýsingum frá fyrirtækinu Carbfix kostar það mun minna en nemur verði koltvísýrings sem miðað er við í þessari skýrslu.

Þau tæki reynast oft best, sem hafa beinust áhrif á viðfangsefnið. Ef draga á úr losun kolefnis liggur beinast við að skattleggja annað hvort losunina sjálfa eða gefa út losunarheimildir, sem

síðan fækkar jafnt og þétt.² Báðum aðferðum er beitt hér á landi, þó að kolefnisgjald sé aðeins tekið fyrir í þessari skýrslu. Meðal kosta gjaldsins er að það er almennt og gegnsætt. Óvenjulegt er að tekjuöflun ríkisins stuðli að hagkvæmni. Á móti tekjum af gjaldinu má lækka skatta sem letja til vinnu eða draga úr hagkvæmri verkaskiptingu. Kolefnisgjald á bensín og olíu er lægra en verð á losunarheimildum um þessar mundir og líklegt er að verðið hækki mikið á komandi árum. Svigrúm er því til þess að hækka gjaldið.

Óhagkvæmt virðist vera:

- > Að styðja við kaup á rafmagnsbílum.
- > Að banna að urða lífrænan úrgang.
- > Að efla innlenda grænmetisframleiðslu.

Alltaf er hagkvæmt að taka kolefnisgjald af bensíni og dísilolíu á bíla, en það er ekki lagt á rafmagn, vetni og metan. Undanþágur frá öðrum gjöldum sem lögð eru á bensín- og dísilbíla orka fremur tvímælis. Undanþágurnar eiga aðeins að gilda í nokkur ár, en markmiðið með þeim er að greiða fyrir orkuskiptum í samgöngum. Þær má meðal annars rökstyðja með því að erfitt getur verið að taka upp nýja tækni á undan öðrum. Erfitt er að reka rafmagnsbíl ef viðgerðarþjónusta er ekki fyrir hendi og net hleðslustöðva vantar. En raunar má segja að þetta séu fremur rök fyrir því að styðja við uppbyggingu innviða fyrir rafmagnsbíla en að niðurgreiða kaupverð þeirra eða rekstrarkostnað. Ekki er heldur augljóst að stjórnvöldum beri að styrkja innviðagerð. Margar nýjungar ná vinsældum án nokkurs stuðnings úr opinberum sjóðum.

Urðunarbann kallar á dýrar fjárfestingar. Hliðarafurðir jarðgerðar og sorpbrennslu má bjóða til sölu á markaði, en allsendis óvíst er að þær nýtist að fullu. Framboð af metani er meira en eftirspurn og hiti er víðast hvar ódýr hér á landi. Kostnaður og ábati af að hætta að urða lífrænan úrgang er hér borinn saman við þann kost að urða hann áfram. Bannið er í samræmi við tilskipanir Evrópusambandsins. Erfitt er að hunsa þær, en það hefur ekki áhrif á niðurstöðu matsins.

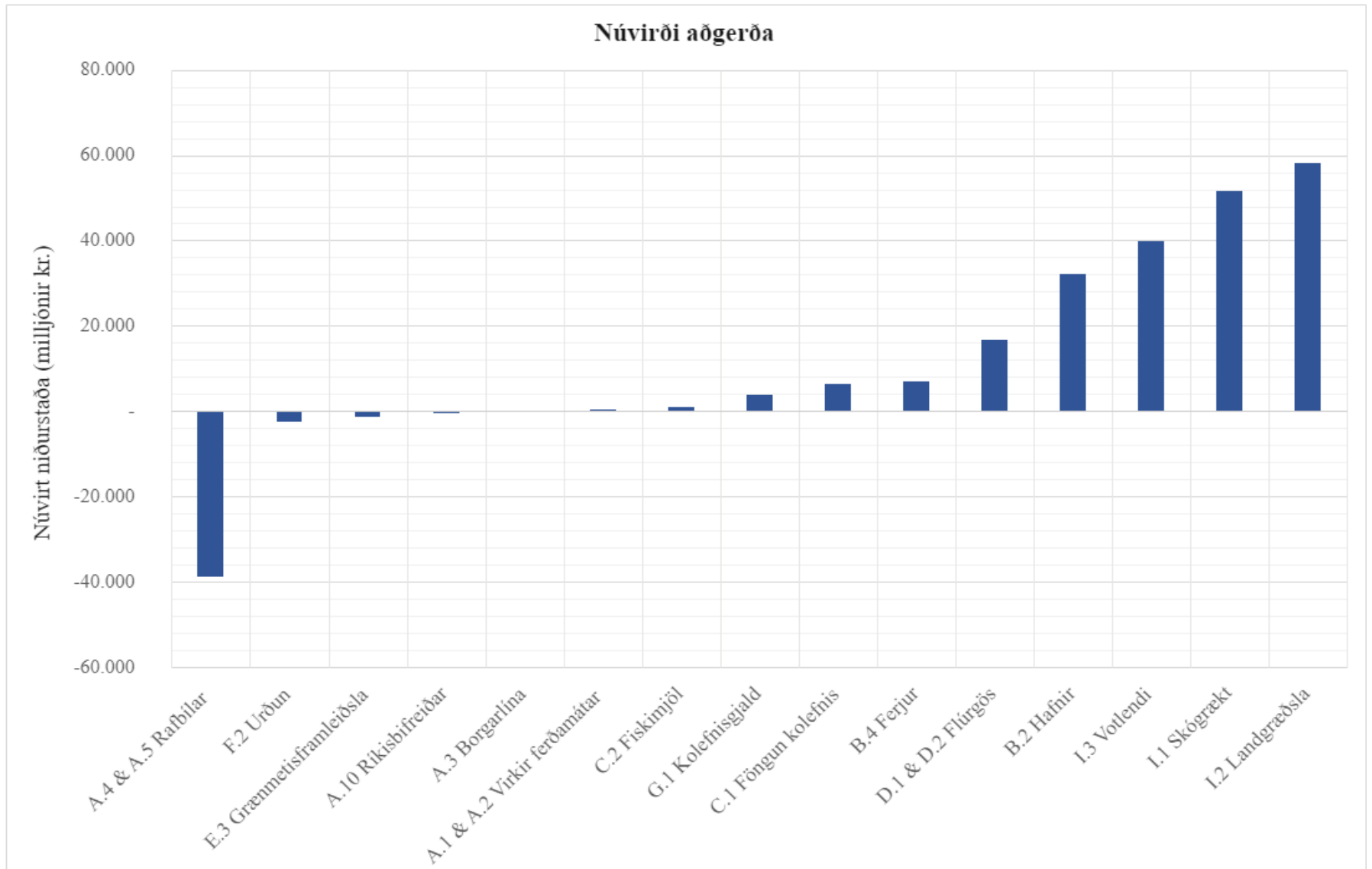
Stuðningur við íslenska garðyrkju er dýrasta leiðin til þess að binda kolefni sem hér er skoðuð. Aðgerðin kostar 1,6 milljarða króna að núvirði, en ábati er aðeins um 0,2 milljarðar. Kostnaður umfram ábata er því 1,4 milljarðar króna. Lítið kolefni losnar þegar grænmeti er flutt hingað

² Þetta er dæmi um það sem á ensku er nefnt *targeting principle*.

sjóleiðina. Meira losnar í flugi, en reyndar væri rými undir grænmeti í flugvélum iðulega ónotað að öðrum kosti.

Mikill ábati af landgræðslu, skógrækt og endurheimt mýrlendis vekur athygli. Þar virðast vera mikil sóknarfæri. En máli skiptir hvernig staðið er að verki. Reynslan sýnir að rétt er að fara gætilega í stórfelld inngríp í náttúruna. Ein aðgerðin sem hér er rætt um, endurheimt votlendis, snýst einmitt um að vinda ofan af framræslu sem ríkið styrkti í hálföld – og raunar í tæpan áratug eftir að stjórnvöld tóku að halda aftur af búvöruframleiðslu með öðrum ráðum. Nokkur sveitarfélög hafa lagt í kostnað við að hefta útbreiðslu lúpínu, sem lengi var dreift af miklum krafti á vegum hins opinbera. Forsvarsmenn opinberra stofnana hafa lengi deilt um ágengar plöntur í íslenskri náttúru og þeir gera það enn. Skort hefur opinbera stefnu um meðferð lands, en ríkisstofnanir á sviðinu hafa hver sína stefnu og fara sínu fram eftir því sem þær geta.

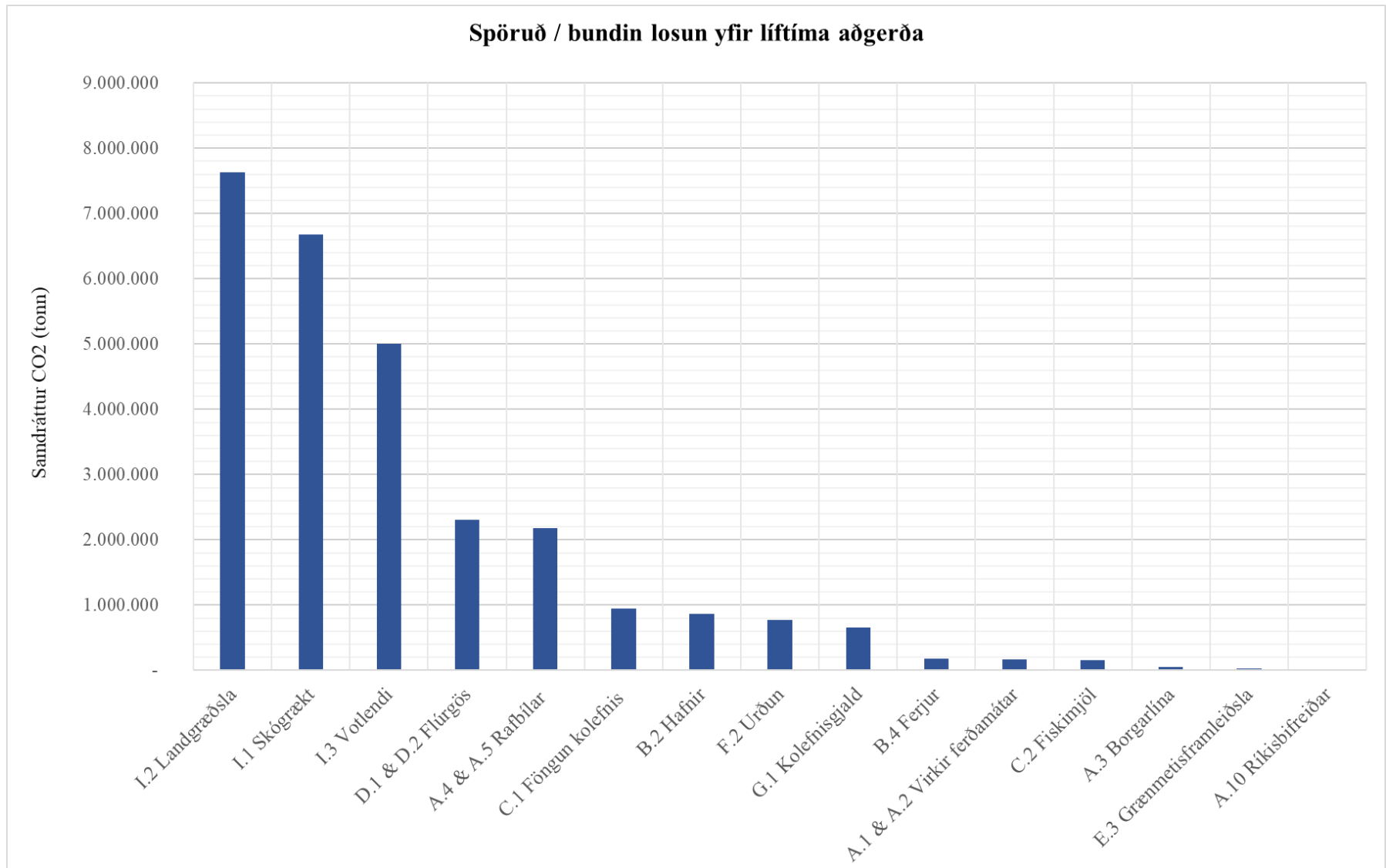
Myndir hér á eftir sýna 1) hreinan (nettó-) ábata af hverri aðgerð á núvirði, samtals öll árin, 2) hve mikið af koltvísýringsígildum sparast í hverri aðgerð á sama tíma (líka öll árin) og 3) kostnað við að binda eða draga úr losun um tonn koltvísýringsígilda með hverri aðgerð (áður en ábati af minni losun er metinn til fjár).



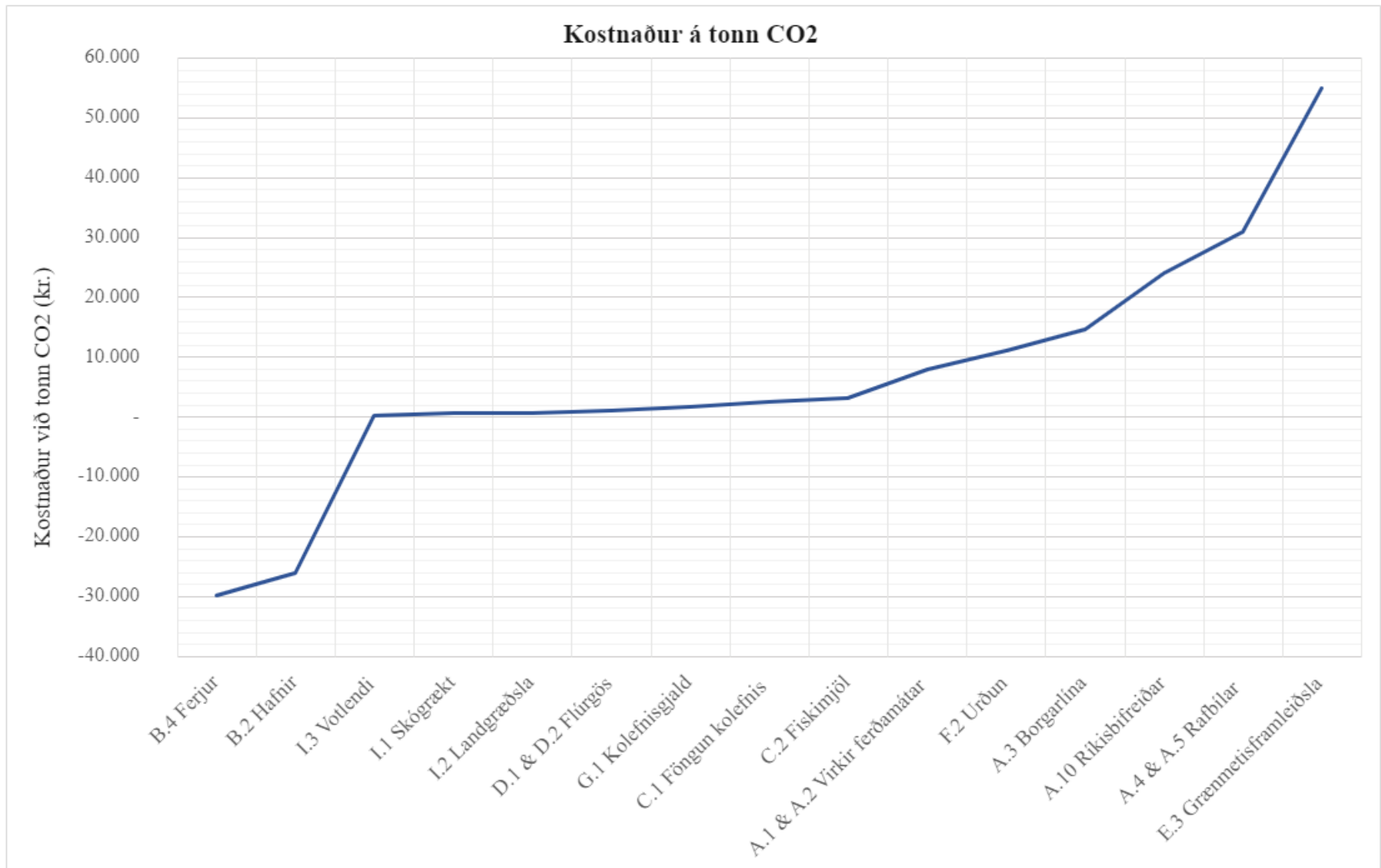
Mynd - samantekt 1. Núvirði aðgerða í milljónum króna, öll árin.

Aðgerð F.2 Urðun kostar á bilinu 0,2-4,8 milljarða kr. Á mynd - samantekt 1 miðast núvirrt niðurstaða við miðgildi talnanna tveggja.

Spöruð / bundin losun yfir líftíma aðgerða



Mynd - samantekt 2. Samdráttur í losun (tonn koltvísýringisgilda) með hverri aðgerð, öll árin.

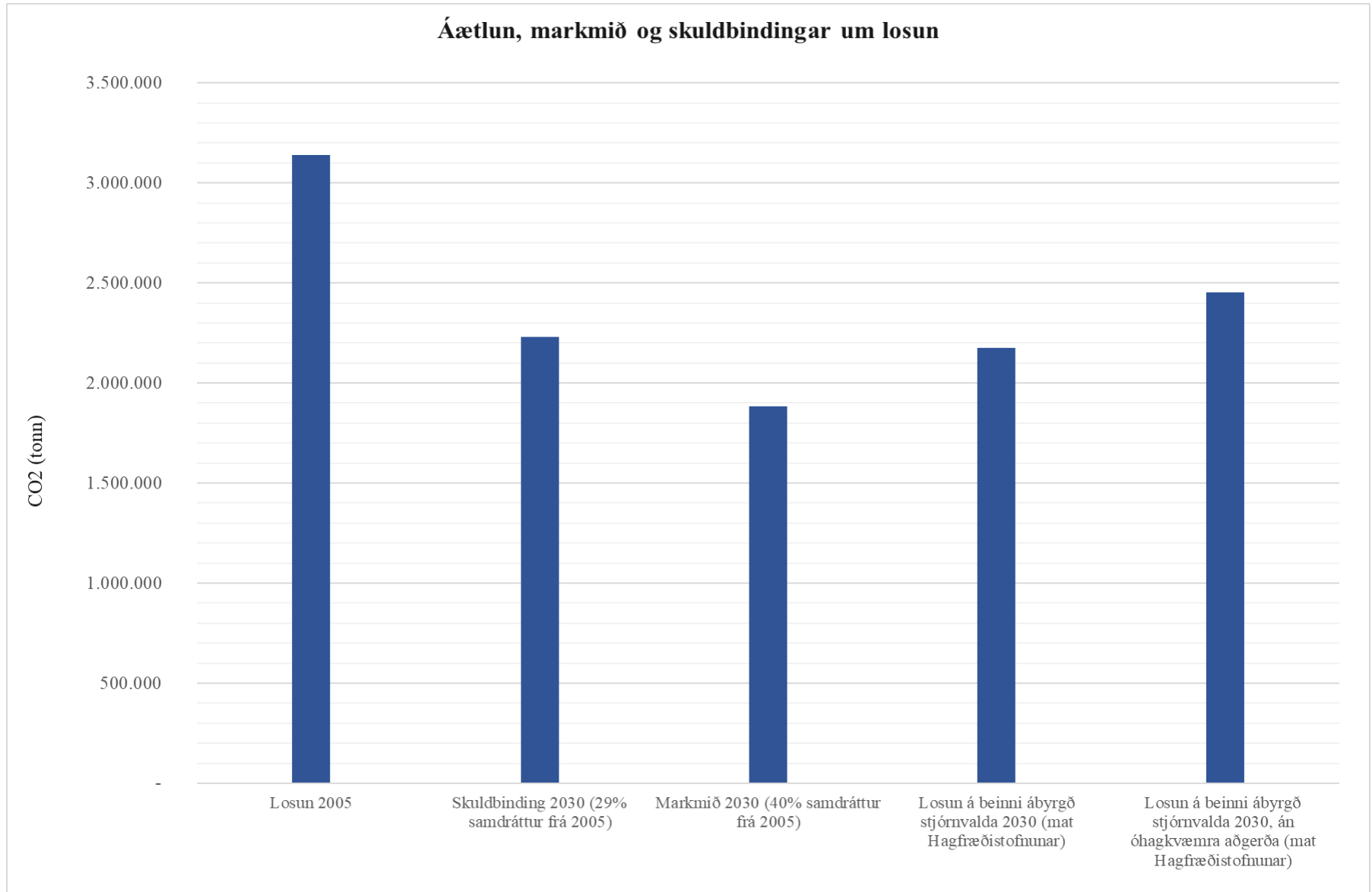


Mynd - samantekt 3. Kostnaður á tonn af CO₂, öll árin.

Aðgerð F.2 Urðun kostar á bilinu 0,2-4,8 milljarða kr. Á mynd – samantekt 3 miðast núvirt niðurstaða við miðgildi talnanna tveggja.

Á mynd 4 hér á eftir má sjá samanburð á losun gróðurhúsalofttegunda, sem íslensk stjórnvöld bera beina ábyrgð á, árin 2005 og 2030. Skoðaðar eru skuldbindingar, markmið og líklegur árangur af 19 loftslagsaðgerðum. Ekki er horft á aðgerðir á landi, landgræðslu, skógrækt og endurheimt votlendis, en þær snerta aðeins að vissu marki losun sem íslensk stjórnvöld bera beina ábyrgð á. Hið sama má segja um losun frá stóriðju og flugi, sem taka þátt í markaði Evrópusambandsins með losunarheimildir. Þær eru ekki heldur með á myndinni – og raunar eru þær ekki til umræðu í þessari skýrslu. Þá er rétt að minna á að samið er um losunarúthlutanir fyrir hvert ár. Því skiptir losun á hverju ári máli, en ekki bara endapunktarnir. Íslensk stjórnvöld hafa með samningum við önnur ríki skuldbundið sig til þess að draga úr losun, sem þau bera beina ábyrgð á, um 29% frá 2005 til 2030. Þá hafa þau af sjálfsdáðum sett sér metnaðarfyllra markmið og stefna að því að losunin dragist saman um 40%. Eins og sjá má er útlit fyrir að þær aðgerðir, sem hér eru skoðaðar, nægi ekki til þess að metnaðarfyllra markmiðið náist. Að dómi Hagfræðistofnunar verða aðgerðir, sem skoðaðar eru á mynd 4, til þess að 31% minna losnar af koltvísýringisígildum árið 2030 en 2005. Ef aðeins er farið í aðgerðir, sem eru hagkvæmar að dómi stofnunarinnar, losnar þá 22% minna en 2005.

Áætlun, markmið og skuldbindingar um losun



Mynd - samantekt 4. Samanburður á áætlun, markmiðum og skuldbindingum. Horft er á áhrif 19 aðgerða af 48. Landgræðsla, skógrækt og endurheimt votlendis eru ekki með.

Í síðasta hluta skýrslunnar er skoðað hverjir njóta mests ábata af aðgerðunum og hverjir bera mestan kostnað. Einkum er horft á það hvernig aðgerðirnar snerta fólk eftir því hverjar tekjur þess eru og hvar það á heima. Flestar aðgerðirnar breyta litlu um jöfnuð. Tekjulitlir njóta fremur góðs af göngustígum en tekjuháir. Fólk með meðaltekjur og þar yfir nýtur hins vegar einkum stuðnings við rafbíla. Seinna meir, þegar markaður með notaða rafbíla eflist, má gera ráð fyrir að fólk með litlar tekjur njóti einnig góðs af stuðningnum. Tekjulitlir njóta fremur ávinnings af bættum almenningssamgöngum en aðrir. Á hinn bóginn rennur að jafnaði stærri hluti tekna til eldsneytiskaupa hjá fólki með litlar tekjur en þeim sem meiri efni hafa. Þess vegna verða kolefnisgjöld á eldsneyti til þess að munur á ráðstöfunartekjum eykst lítillaga. Landsbyggðarbúar eyða meira í eldsneyti en höfuðborgarbúar og kolefnisgjöld leggjast af meiri þunga á þá en aðra. Uppbygging innviða fyrir göngur og hjólreiðar nýtist borgarbúum betur en landsbyggðarfólki. Borgarbúar njóta líka helst endurbóta á almenningssamgöngum. Rafvæðing ferja nýtist þeim best sem eiga heima í grennd við þær. Stuðningur við skógrækt, landgræðslu, og grænmetisframleiðslu hefur lítil sem engin áhrif á jöfnuð, en styður við atvinnu í sveitum.

Efnisyfirlit

1. Inngangur	1
1.1 Hvað er kostnaðar- og ábatamat?.....	1
1.1.1 Hvaða verkefni eru skoðuð?.....	3
1.1.2 Hvað kostar tonn af koltvísýringi?.....	6
1.1.3 Hvaða ávöxtunarkröfu á að gera?	7
1.1.4 Hvaða sjónarhorn?.....	8
1.2 Uppbygging skýrslunnar	9
2. Loftmengun, hávaði og slys	10
2.1 Svipaður hávaði af rafmagnsbílum og bensínbílum	10
2.2 Minni mengun af bílum	11
2.3 Bílslys eru dýr	12
3. Efling virkra ferðamáta: A.1 og A.2.....	14
3.1 Ferðavenjur.....	15
3.2 Niðurstöður.....	17
4. Borgarlína og stækkun Strætókerfis: A.3	20
4.1 Framkvæmda- og rekstrarkostnaður.....	21
4.2 Ábati notenda	23
4.3 Tekjur í formi fargjalda	25
4.4 Þættir fyrir utan matið	26
4.5 Niðurstöður.....	26
5. Stuðningur við kaup á vistvænum bílum: A.4, A.5 og A.7	30
5.1 Kostnaður	31
5.1.1 Neytendur	31
5.1.2 Samfélagið	33
5.2 Áhrif ríkisstuðnings á rafbíla kaup	33
5.3 Ytri áhrif rafbíla kaupa	36
5.4 Niðurstöður.....	36
5.5 Aðgerð A.7 Bann við innflutningi bensínbíla	38
6. Kaup ríkisins á vistvænum bifreiðum: A.10	39
6.1 Innkaupsverð	39
6.2 Rekstrarkostnaður.....	40
6.3 Niðurstöður.....	41
7. Rafvæðing hafna: B.2.....	43
8. Bann við notkun svartolíu: B.3	46

9. Orkuskipti í ferjum: B.4	47
9.1 Sparaður rekstrarkostnaður	47
9.2 Niðurstöður	49
10. Orkuskipti í skipum á vegum ríkisins: B.5	52
11. Föngun kolefnis frá jarðvarmavirkjunum C.1	53
12. Rafvæðing fiskimjölsmiðja: C.2	56
12.1 Olíunotkun og skerðanlegt rafmagn	56
12.2 Niðurstöður	58
13. Hætt að nota skaðlega kælimiðla: D.1 og D.2.....	61
14. Aukin innlend grænmetisframleiðsla og kolefnishlutleysi: E.3	64
15. Bann við urðun lífræns úrgangs: F.2.....	69
15.1 Kostnaður við jarðgerð og sorpbrennslu meiri en við urðun	71
15.1.2 Lífúrgangur	71
15.1.2 Lífbrjótanlegur úrgangur	72
15.1.3 Jarðgerð og sorpbrennsla í stað urðunar	72
15.2 Gös sem losna við urðun menga mikið	73
15.3 Niðurstöður	74
16. Kolefnisgjald: G.1	76
16.1 Ábati vegna minni losunar	77
16.2 Niðurstöður	77
17. Loftslagsstefna Stjórnarráðsins: G.9	80
18. Tækifæri í skógrækt: I.1	83
18.1 Deilt um leiðir í skógrækt.....	84
18.2 Niðurstöður	86
19. Landgræðsla: I.2.....	89
20. Endurheimt votlendis: I.3	93
21. Helstu niðurstöður	97
22. Félagsleg áhrif loftslagsaðgerðanna	99
22.1 Forsendur við mat á áhrifum á tekjuhópa.....	99
22.2 Hjólastígar nýtast körlum með háar tekjur, göngustígar nýtast tekjulágum konum	99
22.3 Almenningsamgöngur nýtast best borgarbúum með lágar tekjur	101
22.4 Ívilnanir fyrir ökutæki sem ekki menga ýta fremur undir ójöfnuð	103

22.5 Kaup ríkis á skaðlitlum bílum snerta fáa	103
22.6 Raftenging í höfnum stuðlar að lægra verði á innfluttum vörum og betri hag útgerðar	103
22.7 Orkuskipti í ferjum koma íbúum í grennd vel	104
22.8 Aukin innlend grænmetisframleiðsla skapar störf fyrir ungt fólk á Suðurlandi	104
22.9 Bann við urðun lífræns úrgangs gæti snert tekjulitla meira en aðra	104
22.10 Kolefnisgjöld leggjast einna þyngst á lágtekjufólk	105
22.11 Skógrækt, landgræðsla og endurheimt votlendis veitir vinnu í dreifbýli.....	105
22.12 Aðrar aðgerðir hafa óljós áhrif	105
Heimildaskrá	106

1. Inngangur

Á loftslagsráðstefnu Sameinuðu þjóðanna í París 2015 náðist samkomulag um að reyna að koma í veg fyrir að meðalhiti á jörðunni hækki um meira en tvær gráður frá því sem var fyrir iðnbýltingu. Gískað hefur verið á að kostnaður við að ná þessu marki gæti numið 1½% af heimsframleiðslu, ekki aðeins í eitt ár heldur um langa framtíð (Nordhaus, 2015). Þetta er nálægt meðalársvexti í tekjum á mann á föstu verðlagi á Íslandi undanfarin 40 ár. Með öðrum orðum er dýrt að ná markmiðinu, en ekki ógerlegt. Hagvöxtur stöðvast ekki, þó að ef til vill hægi á honum um skeið. Miklu dýrara yrði að setja markið hærra, til dæmis við eina gráðu. Erfitt verður líka að ná markinu nema flestar þjóðir verði með, svo að hægt sé að nýta sem flestar ódýrar leiðir til þess að binda kolefni (Nordhaus, 2015). Þetta eru niðurstöður úr haglíkönum, en vel getur verið að ný tækni eigi eftir að auðvelda verkið.

Þennan kostnað má bera saman við afleiðingar þess að skipta sér ekki af hlýnun jarðar. William Nordhaus, sem fékk Nóbelsverðlaun í hagfræði 2018 fyrir rannsóknir á áhrifum loftslagsbreytinga, telur að framleiðsla á jörðunni gæti dregist saman um 1-5% ef jörðin hitnar um 3°C (Nordhaus, 2015, 12. kafli). Annar kostnaður er þó sennilega miklu meiri. Mjög óvíst er raunar hvað gerist. Ekki er skynsamlegt að taka mikla áhættu þegar lofthjúpur jarðar og vistkerfi eru í húfi. Margar lífverur gætu dáíð út. Ef hitastig á jörðunni hækkar um 3°C er mjög mikil hætta á að 3-29% tegunda á landi deyi út, að dómi nefndar Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar. Hlutfallið hækkar í 3-48% ef hitastig hækkar um 5°C (IPCC, 2022). Hækkun sjávarborðs setur byggð á strandsvæðum í hættu og það eykur á hættuna að útlit er fyrir að fellibyljum fjölgi. Súrnun sjávar ógnar lífi í sjónum, einkum skeldýrum og kóröllum.

Um mitt ár 2020 lagði umhverfis- og auðlindaráðuneytið fram aðgerðaáætlun í loftslagsmálum. Þar eru kynntar 48 aðgerðir sem miða að því að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda. Af þeim höfðu 15 bæst við frá fyrri gerð áætlunarinnar, sem kynnt var haustið 2018. Sumar aðgerðirnar skarast. Aðildarríki Evrópusambandsins hafa sett sér sameiginleg markmið í loftslagsmálum og skipta ábyrgðinni með sér. Íslendingar og Norðmenn ákváðu að fylgja sambandinu. Íslensk stjórnvöld gengust þar með undir að draga úr losun frá samgöngum, orkuframleiðslu og fleiri sviðum um 29% frá 2005 til 2030. Í flugi og stóriðju taka íslensk fyrirtæki þátt í viðskiptakerfi Evrópusambandsins með losunarheimildir. Þar á að draga úr losun um 43% á sama tíma. Það er hluti af samkomulaginu að hrein losun frá skógrækt og annarri landnotkun aukist ekki á árunum 2021 til 2030. En að auki hafa íslensk stjórnvöld sett sér metnaðarfullri markmið um að draga úr losun og binda kolefni með endurheimt votlendis og ræktun skóga og annars gróðurs (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020).

1.1 Hvað er kostnaðar- og ábatamat?

Kostnaðar- og ábatamat er viðurkennd aðferð sem notuð er til að forgangsraða verkefnum til að tryggja að vel sé farið með fé og auðlindir (Sartori o.fl., 2014). Öll áhrif verkefna á velferð eru

metin til fjár, ef vel á að vera (Hagfræðistofnun, 2021). Kostnaðar- og ábatamat er í raun greining á jaðarkostnaði og jaðarábata þar sem verkefni eru alltaf borin saman við núllkost. Núllkostur er oftast það sem kalla má óbreytt ástand. En stundum er óbreytt ástand ekki í boði og þá getur verið erfitt að finna raunhæfan núllkost. Allur núvirtur kostnaður er borinn saman við allan núvirtan ábata á líftíma verkefnis. Ef ábati er meiri en kostnaður er verkefnið talið hagkvæmt og auka velferð, annars ekki. Þegar valið stendur á milli nokkurra verkefna skal að öðru jöfnu velja það sem er með mest núvirði. Þegar verkefni skarast, eins og fyrir kemur í aðgerðaáætlun stjórnvalda, þarf að draga það frá sem tvítalið er.

Kostnaðar- og ábatamat felur í sér þessi skref:

- > Að skilgreina hverjir það eru sem verða fyrir áhrifum af verkefninu.
- > Að skilgreina líftíma verkefnisins.
- > Að bera kennsl á kostnað- og ábata af verkefninu.
- > Að meta allan kostnað á líftíma verksins í peningum.
- > Að meta allan ábata á líftíma verksins í peningum.
- > Að gera ávöxtunarkröfu sem á við.
- > Að núvirða kostnað og ábata á líftíma verkefnis til að hægt sé að bera saman áhrif þess nú og þau áhrif sem það hefur síðar.
- > Að gera næmnigreiningu. Þá er skoðað hvaða áhrif það hefur á niðurstöðuna að breyta forsendum.
- > Að veita ráð á grundvelli niðurstaðnanna.

Hreint núvirði

Hreint núvirði er mælikvarði á hagkvæmni verkefna.

Hreint núvirði er:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

Þar sem n er líftími mældur í fjölda tímabila, t er tímabil, R_t er nettóábati eða ábati að frádregnum kostnaði á hverju tímabili, i er ávöxtunarkrafa.

Þegar kostnaðar- og ábatamati er beitt á loftslagsaðgerðir verður að líta til allra áhrifa á velferð, en ekki bara þeirra sem tengjast hlýnun jarðar. Þannig geta t.a.m. breytingar á hávaða, annarri mengun, töfum í umferð, fjárfestingarþörf og rekstrarkostnaði innviða verið dæmi um afleidd áhrif loftslagsaðgerða. Allt sem hefur áhrif á velferð þjóðarinnar er mælt á sama mælikvarða: Í peningum. Erfiðast er að meta til fjár áhrif sem ekki eru markaðir fyrir.

Margir munu sakna eins og annars úr matinu. Ýmislegt veldur því að einstakar afleiðingar aðgerðanna eru ekki verðmetnar. Sumt er dýrt eða erfitt að meta til fjár. Dæmi um það eru líffræðileg fjölbreytni og áhrif mannvirkja á ásýnd lands. Stundum skortir upplýsingar. Annað á hreinlega ekki heima í mati á kostnaði og ábata. Til dæmis er það ekki gott markmið út af fyrir sig að vera óháður innflutningi eða spara gjaldeyri. Viðskipti milli þjóða eru forsenda þess að þær skipti með sér verkum á hagkvæman hátt og greið alþjóðaviðskipti eru sérstaklega mikilvæg fyrir smáþjóðir eins og Íslendinga. Innflutningur er ekki síður mikilvægur en útflutningur. Raunar er eina markmiðið með því að flytja vörur til útlanda að flytja aðrar inn á mótí. Aðgerð verður ekki heldur góð af því einu að hún skapi tekjur. Markmiðið er að *ábati* sé sem mestur, en þá er búið að draga kostnað frá tekjunum.

Mörg álitamál koma upp þegar lagt er mat á kostnað og ábata af aðgerðum í loftslagsmálum. Hér á eftir er rætt hvernig tekið er á nokkrum þeirra.

1.1.1 Hvaða verkefni eru skoðuð?

Tafla 1 geymir yfirlit um aðgerðirnar 48 sem kynntar voru í aðgerðaáætlun stjórnvalda 2020. Hagfræðistofnun tók að sér að meta þjóðhagslegan kostnað og ábata af 23 aðgerðum. Undir lok skýrslunnar er horft á áhrif þeirra á einstaka þjóðfélagshópa. Ekki er lagt mat á 25 aðgerðir og eru ástæður þess skýrðar stuttlega í aftasta dálki töflu 1. Flugfélög versla til dæmis með losunarheimildir á markaði Evrópusambandsins, en íslensk stjórnvöld bera ekki beina ábyrgð á

losun þeirra. Margar aðgerðir eru ekki nógu vel mótaðar til þess að hægt sé að meta þær og erfitt er að gera sér grein fyrir áhrifum annarra. Það á til dæmis við um lagabreytingar, sem ráðgerðar eru, breytta meðferð á áburði og fræðslu um loftslagsmál.

Tafla 1. Aðgerðir í áætlun stjórnvalda frá 2020 eru teknar fyrir í skýrslunni.

Aðgerðir	Stutt lýsing	Mat á kostnaði og ábata	Áhrif á einstaka hópa	Skýring
A.1	Innviðir, göngur, hjólreiðar	Já	Já	
A.2	Ívilnanir, göngur, hjólreiðar	Já	Já	
A.3	Almenningssamgöngur	Já	Já	
A.4	Ívilnanir fyrir vistvæn ökutæki	Já	Já	
A.5	Innviðir fyrir vistvæn ökutæki	Já	Já	
A.6	Lög og reglur, orkuskipti	Nei	Nei	Óljós áhrif
A.7	Bensín- & dísilbílar bannaðir	Já	Já	>2030
A.8	Orkuskipti í þungaflutningum	Nei	Nei	Aðgerð í mótun
A.9	Vistvænir bílaleigubílar	Nei	Nei	Aðgerð í mótun
A.10	Ríkið kaupir vistvæna bíla	Já		
B.1	Orkuskipti í sjávarútvegi	Nei	Nei	Aðgerð í mótun
B.2	Rafvæðing hafna	Já	Já	
B.3	Bann við notkun svartolíu	Já	Nei	
B.4	Orkuskipti í ferjum	Já	Já	
B.5	Orkuskipti í ríkisskipum	Já	Nei	
C.1	Föngun kolefnis frá jarðvarma	Já	Já	
C.2	Fiskimjöl	Já	Já	
C.3	Byggingar	Nei	Nei	Aðgerð í mótun
C.4	Innlent eldsneyti	Nei	Nei	Aðgerð í mótun
D.1	Flúrgös	Já	Nei	
D.2	Flúrgös	Já	Nei	
E.1	Landbúnaður	Nei	Nei	Aðgerð í mótun

Aðgerðir	Stutt lýsing	Mat á kostnaði og ábata	Áhrif á einstaka hópa	Skýring
E.2	Nautgriparækt	Nei	Nei	Aðgerð í mótun
E.3	Grænmetisframleiðsla	Já	Já	
E.4	Áburður – meðhöndlun	Nei	Nei	Í undirbúningi
E.5	Bætt fóðrun	Nei	Nei	Í undirbúningi
F.2	Bann við urðun	Já	Já	
F.3	Minni matarsóun	Nei	Nei	Óljós áhrif
G.1	Kolefnisgjald	Já	Já	
G.2	Loftslagssjóður	Nei		Óljós áhrif
G.3	Skil á upplýsingum	Nei	Nei	Óljós áhrif
G.4	Fræðsla almennings	Nei	Nei	Óljós áhrif
G.5	Menntun í skólum	Nei	Nei	Óljós áhrif
G.6	Lagafrumvörp	Nei	Nei	Aðgerð í mótun
G.7	Sjálfbær fjármögnun ríkissjóðs	Nei	Nei	Aðgerð í mótun
G.8	Sjálfbær opinber innkaup	Nei	Nei	Aðgerð í mótun
G.9	Loftslagsstefna stjórnarráðsins	Já	Já	
G.10	Loftslagsstefna annarra	Nei	Nei	Óljós áhrif
G.11	Skipulagsgerð og loftslagsmál	Nei	Nei	Óljós áhrif
H.1	Föngun kolefnis frá stóriðju	Nei	Nei	Í undirbúningi
H.2	Hertar reglur í viðskiptum með losunarheimildir			Á markaði
H.3	Flugheimildir			Á markaði
I.1	Efling skógræktar	Já	Já	
I.2	Landgræðsla	Já	Já	
I.3	Votlendi – endurheimt	Já	Já	
I.4	Votlendi – verndun	Já	Já	
I.5	Kortlagning á ástandi lands	Nei	Nei	Óljós áhrif

1.1.2 Hvað kostar tonn af koltvísýringi?

Losun gróðurhúsalofttegunda er dæmi um það sem kallað er úthrif eða ytri áhrif. Losunin kemur fyrst og fremst niður á öðrum en þeim sem standa fyrir henni. Þess vegna myndast ekkert verð á koltvísýringi eða öðrum gróðurhúsalofttegundum á frjálsum markaði. Í þessari skýrslu er losunin verðlögð. Verðið er hátt, en ekki óendanlegt. Það þýðir að mikilvægt er að vinna gegn losun gróðurhúsalofttegunda, en ýmislegt fleira skiptir líka máli. Nálgast má verðmat á tonni af koltvísýringsígildum á nokkra vegu. Ein leiðin er að meta tjón af loftslagsáhrifum. Önnur er að kanna hvert kolefnisverð þyrfti að vera til þess að tiltekið markmið náist í loftslagsmálum. William Nordhaus (2015) skoðar hvað koltvísýringstonn þarf að kosta til að jörðin hlýni ekki um meira en 2½°C (sjá töflu 2).

Tafla 2. Verð á koltvísýringstonni í íslenskum krónum ef jörðin á ekki að hitna um meira en 2½ gráðu frá því sem var í upphafi iðnbýltingar.

Ár	2015	2030	2040	2050
Verð	3.300	6.900	12.000	20.930

Heimild: Nordhaus (2015).

Kostnaður við að binda kolefnið aftur gæti líka gefið hugmynd um rétt verð. Skoða mætti hvað kostar að planta trjám, endurheimta votlendi eða breyta koltvísýringi í stein, svo að nefndar séu nokkrar aðferðir sem skoðaðar eru í þessari skýrslu. En takmörk eru fyrir því hvað hægt er að binda mikið með þessum leiðum og deila má um kostnað við einstakar aðgerðir.

Verð á tonni koltvísýringsígilda á markaði Evrópusambandsins hefur hækkað mikið undanfarin ár. Það stafar einkum af því að útblástursheimildum fækkar með tímanum (Climate Action – European Commission, 2017). Verðið fór yfir 10 evrur í upphafi árs 2018 en var um 60 evrur í byrjun nóvember 2021. Síðan hækkaði verðið mikið og fór um tíma yfir 90 evrur á tonnið, en í marsbyrjun 2022 var það aftur komið niður fyrir 70 evrur. Skammtímaverðsveiflur tengjast meðal annars sveiflum í olíuverði. Nú síðast kann ófriður í Evrópu að hafa hrætt menn frá því að kaupa útblástursheimildir. Ekki kæmi á óvart að verð lækkaði bæði á olíu og losunarheimildum á næstu misserum. Í skýrslunni er mat á koltvísýringstonni sett jafnt verði á markaði Evrópusambandsins með losunarheimildir fram til 2021. Verð í byrjun mars 2022 er látið gilda fyrir allt árið 2022. Eftir það er stuðst við mat breskra stjórnvalda frá 2011, uppfært til nýlegs verðlags og gengis, samanber töflu 3. Áætlað var hvað losunarheimildir þyrftu að kosta ef ná ætti markmiði Parísarsamkomulagsins um að hitastig hækkaði ekki um meira en tvær gráður frá því sem var fyrir iðnbýltingu. Verðið er nokkru herra en í áætlun Nordhaus, sem skoðuð er hér að framan, enda markmiðið metnaðarfyllra (Breska umhverfisráðuneytið, 2011). Þótt spáin sé orðin tíu ára er hún í betra samræmi við nýlegt markaðsverð á útblástursheimildum en nýjasta uppfærsla hennar sem bresk stjórnvöld sendu frá sér 2019 (Breska viðskipta-, orku- og iðnaðarráðuneytið, 2019). Því er hér stuðst við spána frá 2011. Mikil óvissa er um verð á komandi árum, eins og sést í miklum mun á háspá og lágspá Bretanna – og mun á spám þeirra og annarra. Gert er ráð fyrir að

tonn af koltvísyringi kosti um 90 pund árið 2030 í bresku spánni, eftir að hún hefur verið uppfærð með almennum verðhækkun í Bretlandi frá 2011 til 2021. Í skýrslu Alþjóðagjaldeyrissjóðsins frá 2019 kemur fram að tonn af koltvísyringi þurfi að kosta 75 Bandaríkjadali árið 2030 ef ná eigi markmiði um að lofthiti hækki ekki um meira en tvær gráður (Alþjóðagjaldeyrissjóðurinn 2019). Spá Bretanna, sem hér er fylgt, er hátt í 60% hærri en mat sjóðsins, miðað við gengi um miðjan mars 2022.

Tafla 3. Áætlun um verð á tonni koltvísyrings í íslenskum krónum, sem miðað er við í þessari skýrslu.

Ár	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'30	'40
Verð	3.006	4.077	6.325	9.813	8.568	9.447	10.545	15.378	29.658

Heimildir: World Bank (á.á.), Breska umhverfisráðuneytið 2011, eigin útreikningar.

1.1.3 Hvaða ávöxtunarkröfu á að gera?

Ábatinn af því sem nú er lagt til loftslagsmála kemur fram á mörgum áratugum og öldum. Fræðimenn eru ekki á eitt sáttir um hvernig réttast er að færa hann til núvirðis. Lind og Schuler (1998) halda því fram að loftslagsaðgerðir snúist fyrst og fremst um sanngirni. Fjárútlát í þágu fjarlæggra kynslóða líkist fremur aðstoð við erlend ríki en fjárfestingu sem skili arði. Við grípum til aðgerða nú af því að okkur þyki rétt að gera það. Ekki sé rétt að tekjufæra hjá okkur ábata sem komi fram hjá kynslóðum sem við séum ekki í neinu sambandi við. Ef þetta sjónarmið er rétt er lítið vit í að meta ábata af loftslagsaðgerðum. Matið er hreint smekksatriði. En flestir líta á framlög til loftslagsmála sem eins konar fjárfestingu og því sjónarmiði er fylgt í þessari skýrslu. Það þýðir að kostnaður og ábati á komandi árum er núvirtur með vöxtum. Eftir því sem framtíðin vegur léttar miðað við nútímann verða vextirnir hærri. Framleiðni eykst að jafnaði um 1-2% á ári. Lágir vextir geta því samrýmst hugmyndum um jöfnuð milli kynslóða. Í þeim anda vinnur Nicolas Stern (2006), sem ritstýrði áhrifamikilli skýrslu um áhrif loftslagsbreytinga fyrir bresk stjórnvöld, en hann notar 1,4% ávöxtunarkröfu. En erfitt getur verið fyrir ríki heims að réttlæta svo lága ávöxtunarkröfu við mat á loftslagsaðgerðum ef þau þurfa að borga hærri vexti af fé sem aflað er til aðgerðanna. Margir vilja þess vegna miða við vexti á mörkuðum. Sumar fjárfestingar eru áhættusamari en aðrar og áhættan endurspeglast í hærri vöxtum. Víða gera stjórnvöld þó sömu ávöxtunarkröfu til allra fjárfestinga sem þau standa fyrir. Bandarísk stjórnvöld nota 7% raunvexti við mat á fjárfestingum á sínum vegum. Talan tekur mið af jaðarávöxtun fyrir skatta af meðalfjárfestingu í einkageiranum undanfarna áratugi (*OMB Circular A-94 Guidelines and Discount Rates for Benefit-Cost Analysis of Federal Programs*, 2015). Bandaríkjastjórn núvirðir hins vegar áhrif aðgerða sinna á neyslu með vöxtum af áhættulitlum verðbréfum. Að jafnaði voru raunvextir af ríkisskuldabréfum um 3% síðustu þrjá áratugi 20. aldar þar í landi (*OMB Circular A-94 Guidelines and Discount Rates for Benefit-Cost Analysis of Federal Programs*, 2015, bls. 33). Þetta er ekki langt frá raunávöxtunarkröfu á íslenskum ríkisskuldabréfum fyrstu 20 árin eftir aldamót. Evrópusambandið miðar í leiðbeiningum sínum um kostnaðar- og ábatamat við lægri vexti á áhættufjármagni en Bandaríkjastjórn, eða 4%, en það notar svipaðan mælikvarða og

bandarísk stjórnvöld á áhættulítil útgjöld, eða 3% fyrir efnuð aðildarlönd (Sartori o.fl., 2014, bls. 42 og 55).

Ávöxtunarkrafan getur ráðið úrslitum um það hvort aðgerðir í loftslagsmálum teljast hagkvæmar eða óhagkvæmar. Þeir sem vilja miða við hærri vexti en Stern telja yfirleitt ekki rétt að grípa til jafnharðra aðgerða í loftslagsmálum og hann (Stern, 2006; Nordhaus, 2007). Nordhaus hefur metið kostnað og ábata af aðgerðum til þess að draga úr hlýnun jarðar. Ef núvirðingu er sleppt, með öðrum orðum miðað við 0% vexti og neysla seinni tíma metin til jafns við neyslu nú, er hagkvæmast að hans dómi að stefna að því að meðalhiti á jörðinni hækki ekki um meira en 2,3 gráður frá því sem var fyrir iðnbyltingu. Ef færri ríki taka þátt í aðgerðunum getur markið hækkað um 1-1½ gráðu, en það hækkar aðeins um 0,2 gráður í viðbót ef miðað er við 4% núvirðingavexti í stað 0%. Nordhaus miðar við 4% raunvexti í mati á loftslagsaðgerðum Bandaríkjamanna, en hann telur rétt að nota heldur hærri vexti í mati á aðgerðum annarra þjóða (Nordhaus, 2015, 18. kafli). Ávöxtunarkrafa á að endurspeglar þolinmæði samfélagsins við að endurheimta fé sem lagt er í fjárfestingar. Margt bendir til þess að ávöxtunarkrafa sé hærri hér á landi en víða annars staðar.

Í þessari skýrslu eru allar aðgerðir núvirtar með 5% raunvöxtum. Færa má rök fyrir því að áhættusamar framkvæmdir séu núvirtar með hærri vöxtum, en annars staðar séu lægri vextir notaðir. Í næmnigreiningu í lok hvers kafla er skoðað hvað vextir þyrftu að breytast mikið til þess að breyta niðurstöðunni.

1.1.4 Hvaða sjónarhorn?

Hreint og heilnæmt loftslag er almannagæði. Allir jarðarbúar hafa not af því og verðmæti þess er summan af verðmæti þjónustunnar sem það veitir hverjum og einum. Verðmæti loftslags er þess vegna háð því hvað hópurinn er stór sem horft er frá. Miklu skiptir hvort horft er frá sjónarhóli alls mannkyns eða aðeins Íslendinga. Sem fyrr segir hafa íslensk stjórnvöld gengist undir að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda, bæði með aðild að viðskiptakerfi Evrópusambandsins með losunarheimildir og með því að taka beina ábyrgð á því að draga úr losun sem fellur utan viðskiptakerfisins. Lögð eru viðurlög á ríki sem standa ekki við skuldbindingar sínar. Í árslok er losun umfram skuldbindingar margfölduð með 1,08 og henni bætt við losun næsta árs. En fleiri leiðir eru færar ef horfur eru á að ríki geti ekki staðið við sitt. Árin 2021 til 2025 geta þau fengið lánuð allt að 10% af losunarheimildum komandi árs og allt að 5% frá 2026 til 2029. Þá mega ríki selja öðrum ríkjum allt að 5% af losunarúthlutun hvers árs árin 2021 til 2025 og allt að 10% frá 2026 til 2030. Að vissu marki mega ríki síðan bæta losunarheimildum vegna skógræktar og landnotkunar og heimildum úr viðskiptakerfi Evrópusambandsins við heimildir til losunar, sem þau bera beina ábyrgð á (umhverfisráðuneytið, munnleg heimild, 10.3. 2022). En á endanum þurfa ríkin að standa við skuldbindingar sínar, kaupa það af öðrum ríkjum sem út af stendur, eða bæta fyrir það með ræktun að því marki sem samningarnir leyfa það. Á hinn bóginn eru engin viðurlög við því að standa ekki við yfirlýsingar um bindingu kolefnis með landgræðslu, skógrækt

og endurheimt votlendis eða önnur loftslagsmarkmið sem ríki setja sér af sjálfsdáðum. Ekki er augljóst að meta eigi slíkar aðgerðir á sama verði og það sem gert er til þess að standa við samninga við önnur ríki. En á móti má benda á að gróðurhúsaáhrif valda jarðarbúum alltaf tjóni, hvort sem þau koma til tals í alþjóðasamningum eða ekki. Í þessari skýrslu er verðmæti koltvísýringsígildis alltaf talið hið sama, hvort sem það snertir alþjóðasamninga eða ekki.

1.2 Uppbygging skýrslunnar

Þegar fleiri nota almenningssamgöngur, ganga eða hjóla dregur úr akstri. Um leið minnkar umferðarhávaði, loftmengun minnkar og slysum fækkar. Í næsta kafla er rætt um áhrif almenningssamgangna og göngu- og hjólastíga á hávaða, loftmengun og slys. Í köflunum á eftir er síðan lagt mat á þessar aðgerðir, hverja fyrir sig. Síðan er fjallað um aðrar aðgerðir úr aðgerðaáætlun stjórnvalda frá 2020. Í upphafi hvers kafla eru meginniðurstöður teknar saman. Þar má sjá heildarábata samfélagsins af aðgerð, kostnað af henni og hreinan ábata fyrir þjóðfélagið. Einnig eru nefnd nokkur atriði sem eru utan við matið, en sú upptalning er sjaldnast tæmandi. Í hverjum kafla er skoðað hvað forsendur um vexti og kostnað við loftslagsáhrif þurfa að breytast mikið til þess að umturna meginniðurstöðum matsins. Í síðasta kafla skýrslunnar er rætt um áhrif aðgerðanna á einstaka þjóðfélagshópa.

2. Loftmengun, hávaði og slys

Aðgerðir stjórnvalda miða meðal annars að því að efla almenningssamgöngur og styðja við göngur og hjólreiðar. Allt þetta dregur úr bílaumferð og um leið minnkar hávaði og loftmengun og slysum fækkar.

Við mat á þessum samgönguáðgerðum er stuðst við eldsneytisspá Orkusparnefndar. Að baki eldsneytisspánni liggur spá um akstur innanlands á komandi árum (Jón Ásgeir Haukdal Þorvaldsson, munnleg heimild 27. maí 2021). Hún tekur ekki mið af lagabreytingum, reglugerðum eða öðrum áðgerðum yfirvalda til að draga úr akstri eða flýta umskiptum yfir í vistvæna ferðamáta. Segja má að spáin sýni líklegan gang mála að öllu óbreyttu (Orkusparnefnd, 2021a). Tölur um samdrátt í akstri vegna bættra almenningssamgangna og stuðnings við göngur og hjólreiðar taka mið af akstursspá Orkusparnefndar.

Gert er ráð fyrir því að aðgerðir sem snúa að því að *nýta göngur og hjólreiðar meira* í samgöngum hafi einkum áhrif á höfuðborgarsvæðinu og á Akureyri. Um leið og meira er gengið og hjólað á þessum þéttbýlisstöðum dregst akstur þar saman. Hér er gert ráð fyrir að á höfuðborgarsvæðinu séu eknir 56% allra ekinna kílómetra á landinu. Á Akureyri eiga um 5% landsmanna heima. Í ljósi þess er reiknað með að nýir göngu- og hjólreiðastígar hafi áhrif á 61% af öllum akstri á landinu (Hagstofa Íslands, 2021a).

Efling almenningssamgangna hefur einkum áhrif á samgönguleiðir íbúa á höfuðborgarsvæðinu. Reiknað er með að aðgerðin hafi áhrif á 56% af öllum akstri á landinu.

2.1 Svipaður hávaði af rafmagnsbílum og bensínbílum

Umferð fylgja fleiri vandamál en losun gróðurhúsalofttegunda. Þar á meðal er hávaði. Raunar er bílaumferð helsti valdur hljóðmengunar. Hljóðmengun getur truflað svefn og hún veldur iðulega lækun á fasteignaverði (Litman, 2009).

Á vef Umhverfisstofnunar eru kort sem sýna hvar hljóðmengun er mest. Hávaðakortin sýna hljóðmengun í níu stórum sveitarfélögum víðs vegar um landið, en flest eru á höfuðborgarsvæðinu. Kortin voru síðast uppfærð 2017. Ætla má að hávaði sé meira en 55 dB að meðaltali við útveggi heimila u.þ.b. 64.000 landsmanna. Yfirleitt er miðað við að hávaði við íbúabyggð fari ekki yfir 55-65 dB. Tæpur fjórðungur þeirra sem matið nær til býr við hljóðvistarvanda (Hagstofa Íslands, 2017; Umhverfisstofnun, 2017). Vandinn stafar bæði af umferð bíla og flugvéla. Ef aðeins er horft á hljóðmengun af bílaumferð er hlutfallið líklega lægra (Umhverfisstofnun, 2017). Hávaði frá umferð getur valdið óþægindum þótt hann sé undir viðmiðum. Umhverfisstofnun Þýskalands telur að hljóðmengun sé umtalsverð þegar hljóðstig fer yfir 45 dB (van Essen o.fl., 2007).

Rafmagnsbifreiðum hefur fjölgað á nýliðnum árum. Margir myndu ætla að hljóðmengun minnkaði við það, en svo virðist ekki vera. Af nýlegri úttekt verkfræðistofunnar Eflu má álykta að ekki muni miklu á hávaða frá rafmagnsbifreiðum og bifreiðum sem ganga fyrir bensíni eða dísil. Þegar ekið er á 15 km/klst er 3-4 dB minni hávaði frá rafbílum, en eftir því sem farið er hraðar dregur úr muninum. Þegar ekið er á 30-90 km/klst er hann hverfandi. Á 50 km/klst er hávaði frá rafmagnsbílum jafnvel 1-2 dB meiri en frá bensín- og dísilbílum (Kristinn Örn Björnsson og Krístrún Gunnarsdóttir, 2019). Erlendar rannsóknir benda líka til þess að hávaði sé einungis minni af rafbílum en bensín- og dísilbílum þegar ekið er hægt (Kristinn og Krístrún, 2019; Marbjerg, 2013). Mestallt hljóðið kemur frá vél og dekkjum. Nánast ekkert heyrir í vél rafbíla en eftir stendur dekkjaniðurinn (Kristinn Örn og Krístrún, 2019). Rafbílar eru oft þyngri en bílar sem ganga fyrir bensíni og dísil. Það getur magnað upp veghljóð og gæti t.d. útskýrt hvers vegna meira heyrir í rafbíl en bensínbíl á hraðanum 50 km/klst (Kristinn og Krístrún, 2019).

Evrópusambandið krefst þess nú að allir nýir rafbílar gefi frá sér falskt vélarhljóð þegar þeir fara á minni hraða en 20 km/klst. Það á að stuðla að öryggi gangandi og hjólandi vegfarenda. Rafbíllinn sem notaður var í rannsókn Eflu var ekki með slíkum búnaði. Ætla má að munur á hávaða af rafmagns- og bensínbílum sem ekið er hægt hverfi af þessum sökum að miklu leyti á komandi árum (Acoustic Vehicle Alerting System requirements for vehicle EU-type approval, Reglugerð 2017/1576; Kristinn og Krístrún, 2019).

Hér er stuðst við kostnaðarmat CE Delft á hljóðmengun, sem fengið er úr ritinu Handbook on the external costs of transportation frá 2019. Kostnaðartölur voru uppfærðar til verðlags ársins 2019 og færðar frá evrum yfir í íslenskar krónur á kaupmáttarjafnvægisgengi, sem OECD gefur út. Samkvæmt því er jaðarkostnaður af hljóðmengun á hvern ekinn kílómetra talinn nema 2,1 kr. að jafnaði. Ætla má, samkvæmt umferðarspá Orkustofnunar, að fólksbílar hafi ekið rúmlega 3.300 milljónir kílómetra á íslenskum vegum árið 2020. Miðað við þessar forsendur kostaði hávaði af umferð um 6,9 milljarða króna það ár. Kostnaðurinn eykst með vaxandi umferð. Ef ekki verður gripið til aðgerða er áætlað að hann fari í 7,4 milljarða árið 2030, á sama verðlagi. En aðgerðir í loftslagsmálum draga úr hávaða. Þær verða til þess að fleiri ganga, hjóla og nota almenningssamgöngur. Árið 2030 minnkar kostnaður af hljóðmengun um 190 milljónir króna af þessum sökum (de Bruyn og Schrotten, 2019a).

2.2 Minni mengun af bílum

Bílaumferð á stóran þátt í annars konar loftmengun en útblæstri gróðurhúsalofttegunda. Helstu birtingarmyndir eru svifryk ($PM_{2,5}/PM_{10}$), óson (O_3) og köfnunarefnistvíoxíð (NO_2). Í kostnaðarmatinu sem hér er gert er einblínt á mengun af þessum þrem efnunum, þó að bílar gefi frá sér miklu fleiri efni sem valda skaða (de Bruyn og de Vries, 2020). Hér á landi valda samgöngur mestu um loftmengun, enda fáar aðrar uppsprettur. Samkvæmt rannsókn verkfræðistofunnar Eflu

frá 2017 má rekja 82% af svifryki í andrúmslofti (PM_{2,5}/PM₁₀) til bílaumferðar. Tæpur helmingur svifryks er af sliti á götum, 31% eru úr sóti frá bifreiðum og 1,6% úr bremsubúnaði (Páll Höskuldsson, 2017).

Við mat á kostnaði af loftmengun var stuðst við kostnaðarmat CE Delft frá 2019 úr Handbook on the external costs of transportation. Þar er lagt mat á samfélagslegan kostnað af loftmengun í Evrópusambandinu og löndum sem tengjast því (de Bruyn og Schroten, 2019a). Þyngst vega í matinu áhrif loftmengunar á heilsu fólks (van Essen o.fl., 2007). Loftmengun eykur hættu á heilablóðfalli, blóðþurrðarsjúkdómum í hjarta, lungnasjúkdómum og sykursýki. Talið er að rekja megi 4,2 milljónir dauðsfalla á ári til loftmengunar (WHO, á.á.). Þá getur loftmengun skaðað hin ýmsu vistkerfi og ógnað þannig líffræðilegum fjölbreytileika og uppskeru. Hún dregur líka úr skyggni og getur skemmt hús og önnur mannvirki (Hagfræðistofnun, 2017; de Bruyn og Schroten, 2019a).

Í handbók Evrópusambandsins er kostnaður af loftmengun á Íslandi ekki metinn. Hér er í staðinn stuðst við kostnaðartölur frá Noregi. Að mati CE Delft nemur meðalkostnaður í Noregi vegna loftmengunar frá fólksbílum 0,01302 evrum á hvern ekinn kílómetra. Ef fjárhæðin er uppfærð frá verðlagi 2016 til 2019 og færð úr evrum yfir í íslenskar krónur á kaupmáttarjafnvægisgengi OECD, fæst að kostnaður af loftmengun á hvern ekinn kílómetra sé um 2,91 kr. Þess ber að geta að munur á jaðar- og meðalkostnaði loftmengunar á kílómetra er lítil sem enginn og því skiptir litlu hvor talan er notuð (de Bruyn og Schroten, 2019b).

Áætlað er að aðgerðir til þess að efla göngur og hjólréiðar verði til þess að íslenskir bílar aki um 65 milljónum km skemmra en ella árið 2030. Miðað við þessar forsendur verður kostnaður af loftmengun samtals um 188 milljónum króna minni árið 2030 en ef stjórnvöld ýta ekki undir göngur og hjólréiðar með aðgerðum sínum. Ef að líkum lætur verða endurbætur á almenningssamgöngum síðan til þess að akstur fólksbíla dregst enn meira saman, eða um 26 milljónir km til viðbótar árið 2030. Kostnaður af loftmengun verður þess vegna rúmlega 75 milljónum krónum minni en ella árið 2030. Samtals má því ætla að kostnaður af mengun dragist saman um rúmlega 260 milljónir króna það ár vegna aðgerða sem styðja við göngur og hjólréiðar og efla almenningssamgöngur.

2.3 Bílslys eru dýr

Þeir sem lenda í bílslysum verða fyrir ýmiss konar kostnaði, en samfélagið allt ber líka kostnað af slysum. Þegar umferð minnkar dregst þessi kostnaður saman, en aftur á móti má gera ráð fyrir að slysum á hvern ekinn kílómetra fjölgi. Sambandið milli slysakostnaðar og ekinnar vegalengdar er því ekki fullkomlega línulegt. Töfum fækkar í umferð þegar hún minnkar. Hraði eykst og um leið eykst hætta á alvarlegum slysum (Parry o.fl., 2007).

Í skýrslu Hagfræðistofnunar frá 2012 er meðalkostnaður við umferðarslys metinn eftir alvarleika slyss. Kostnaður við hvert umferðarslys þar sem ekki verða slys á mönnum er að jafnaði um 2,3 milljónir króna á verðlagi ársins 2019. Á sama verðlagi er kostnaður vegna slyss þar sem meiðsl eru lítil um 8,8 milljónir króna, 33 milljónir króna þar sem fólk slasast mikið, 59 milljónir þar sem alvarleg slys verða á fólki og um 150 milljónir vegna dauðaslysa (Hagfræðistofnun, 2012). Á vefsíðu Vegagerðarinnar má finna gögn um slysatíðni eftir árum og þar eru umferðarslys sem urðu á árinu einnig flokkuð eftir alvarleika slyss. Samkvæmt gögnum um slysatíðni á þjóðvegum á höfuðborgarsvæðinu er meðalslysatíðni áranna 2011-2020 um 1,56 slys á hverja milljón ekna kílómetra. Í tæplega 90% skráðra umferðaróhappa varð aðeins eignatjón en um 0,08% voru banaslys (Vegagerðin, á.á.).

Kostnaður við umferðarslys á hverja milljón ekna kílómetra er talinn um 5,8 milljónir króna. Stuðst er við tölur um meðalslysatíðni, kostnaðartölur í skýrslu Hagfræðistofnunar (Hagfræðistofnun, 2012) og það hvernig slys skiptast eftir alvarleika. Aðgerðirnar sem metnar eru í næstu köflum, gerð göngu- og hjólreiðastíga og efling almenningsgangna, stuðla að minni akstri. Hér er ætlunin að meta hvað kostnaður við slys minnkar mikið við þessa breytingu. Því hefði verið heppilegra að hafa aðgang að tölum um jaðarslysakostnað af umferð (hvernig kostnaður við slys breytist þegar umferð breytist), en þær eru ekki til fyrir Ísland og því er stuðst við meðalkostnað (kostnað af slysum á ekna milljón kílómetra). Samkvæmt handbók Evrópusambandsins virðist jaðarkostnaður almennt vera ívið minni en meðalkostnaður (de Bruyn og Schroten, 2019a). Á móti kemur að kostnaðartölur Hagfræðistofnunar frá 2012, sem hér er stuðst við, eru fengnar með því að meta tekjutap vegna umferðarslysa en sú aðferð skilar neðri mörkum á mati á meðalkostnaði vegna dauðsfalls og vegna þeirra sem slasast mikið eða alvarlega. Þá tekur matið ekki til þeirra tilfinningalegu áhrifa sem dauði eða alvarleg meiðsl hafa á aðstandendur þeirra sem fyrir slysi verða (Hagfræðistofnun, 2012).

Sem fyrr segir er áætlað að aðgerðir sem stuðla að göngum og hjólreiðum verði til þess að íslenskir bílar aki um 65 milljónum km skemmra en ella árið 2030. Samtals má ætla að kostnaður vegna bílslysa verði 376 milljónum króna minni árið 2030 en ef þessar aðgerðir kæmu ekki til. Þá er líklegt að endurbætur á almenningsgangum verði til þess að bílaakstur dragist saman um 26 milljónir km til viðbótar. Af þeim sökum er gert ráð fyrir að kostnaður af bílslysum verði 149 milljónum króna minni en ella árið 2030. Samtals verða aðgerðir, sem stuðla að göngum og hjólreiðum og efla almenningsgangur, til þess að slysakostnaður minnkar um 525 milljónir króna árið 2030, ef spá um samdrátt í akstri einkabíla stenst.

3. Efling virkra ferðamáta: A.1 og A.2

Úr aðgerðaáætlun

A.1 Innviðir fyrir virka ferðamáta

- Hjóla- og göngustígar verða lagðir markvisst, bæði í þéttbýli og á milli þéttbýlisstaða
- Átak í lagningu hjólastíga þar sem 70-100 km af stígum verða lagðir á höfuðborgarsvæðinu fyrir 2034, auk þess sem gerðar verða göngubrýr og göng

A.2 Ívilnanir fyrir virka ferðamáta

- Skattastyrkir veittir til að efla göngur og hjólreiðar sem ferðamáta

Samantekt á aðgerðum A.1 og A.2 Efling virkra ferðamáta

Núvirtur ábati: 14,1 milljarðar kr.

- Stofnbrautir
- Bíslslys
- Loftmengun
- Hljóðmengun
- Minni losun CO₂

Núvirtur kostnaður: 13,8 milljarðar kr.

- Stofnkostnaður
- Rekstrar- og viðhaldskostnaður
- Kostnaður vegna ívilnana

Nettó áhrif: 0,3 milljarðar kr.

Utan við líkan

- Heilsufarsáhrif þess að ferðast um fótgangandi eða á hjóli
- Kostnaður vegna hjólreiðaslysa

Gert er ráð fyrir að á árunum 2019 til 2034 verði lagðir 70-100 kílómetrar af nýjum göngu- og hjólreiðastígum á höfuðborgarsvæðinu. Í þessari skýrslu er áætlað að árið 2030 verði búið að leggja rúmlega 70 kílómetra – tæplega 7 km á ári. Verkfræðistofan Efla telur að kílómetri af

nýjum stígum kosti 100 til 250 milljónir króna, en fjárhæðin ræðst meðal annars af því hvar þeir eru og hvað þeir eru breiðir (Elín Ríta Sveinbjörnsdóttir og Ragnar Gauti Hauksson, 2020). Í þessar tölur vantar hönnunar- og umsjónarkostnað og kostnað við að reka stígana. Gera má ráð fyrir að hönnun og umsjón með verkkaupum séu samtals 18% af stofnkostnaði (Ragnar Gauti Hauksson, Eflu, munnleg heimild, 27. maí 2021). Þegar þessu fé er bætt við miðgildið af 100 og 250 milljónum fer kostnaður við stígagerð í ríflega 200 milljónir króna á kílómetrann. Því gerum við ráð fyrir að á ári hverju verði 1,4 milljarðar króna lagðir í stígagerðina. Mat á kostnaði við gerð innviða fyrir virka ferðamáta er heldur lægra í aðgerðaáætlun stjórnvalda. Við bætist kostnaður við að moka snjó af stígum, hreinsa þá og halda þeim við.

Í byrjun árs 2020 var virðisaukaskattur felldur niður af reiðhjólum, rafmagnshjólum og rafskútum, að tilteknu hámarki (Lög um breytingu á lögum um virðisaukaskatt og lögum um tekjuskatt (vistvæn ökutæki o.fl.) nr. 154 2019). Lög um þetta gilda til ársloka 2023, en hér er reiknað með að þau verði framlengd. Innflutningur á rafskútum margfaldaðist árið 2020 og ríflega 20% fleiri reiðhjól voru flutt inn en árið á undan, en töluvert dró úr innflutningnum 2021. Meðal ívilnana er einnig talinn skattaafsláttur af samgöngustyrkjum sem fyrirtæki veita starfsmönnum, en hann var tekinn upp 2014 (Stjórnarráð Íslands, á.á.).

Hér er gert ráð fyrir að gerð göngu- og hjólreiðastíga, skattaafslættir af hjólum og fleiri ívilnanir hafi áhrif á akstur og þörf fyrir stofnbrautir á höfuðborgarsvæðinu og á Akureyri, en ekki annars staðar á landinu. Í matinu er stuðst við tölur um ferðavenjur á höfuðborgarsvæðinu.

3.1 Ferðavenjur

Tvær kannanir bregða ljósi á umferð um nýja göngu- og hjólreiðastíga í Reykjavík (Jörgen Heiðar Þormóðsson, munnleg heimild, 19. apríl 2021). Annars vegar er ferðavenjukönnun samgönguráðs og Samtaka sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu (Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu, 2017; Stjórnarráð Íslands, 2020) og hins vegar könnun landlæknis á heilsu og líðan Íslendinga (Jón Óskar Guðlaugsson, munnleg heimild, 20. apríl 2021). Í ferðavenjukönnun er spurt um síðustu ferð (gengið/ekið/hjólað/strætisvagn) og í könnun landlæknis hvernig farið er að jafnaði til vinnu eða í skóla. Ferðavenjukönnun var gerð árin 2002, 2011, 2014, 2017 og 2019, samanber töflu 4, en könnun landlæknis 2007, 2009, 2012 og 2017. Hér er aðeins horft á svör frá höfuðborgarsvæðinu. Gögnin leiða ekki í ljós skýr tengsl á milli ferðavenja og stígagerðar, en aðeins fengust upplýsingar um nýja hjólastíga í Reykjavík. Erlendar rannsóknir benda til þess að gerð sérstakra hjólreiðastíga hvetji til hjólreiða (Kraus og Koch, 2021), en erfitt er að breyta ferðavenjum og áhrif af nýjum stígum kunna að koma fram á löngum tíma. Ekki er miklar breytingar að sjá á ferðavenjukönnun, en nokkrar niðurstöður hennar eru sýndar í töflu 4.

Tafla 4. Ferðavenjur breytast lítið. Tölur sýna hlutfall af öllum ferðum á höfuðborgarsvæðinu í ferðavenjukönnun samgönguráðs og Samtaka sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu.

Ár	Í bíl	Gangandi og á hjóli	Í strætisvagni
2002	75%	20%	4%
2011	76%	19%	4%
2014	75%	19%	4%
2017	76%	20%	4%
2019	74%	19%	5%

Samkvæmt könnun landlæknis fjölgaði þeim sem hjóla til vinnu og skóla hins vegar úr 1,8% í 4% frá 2007 til 2017, meðan þeim sem ganga fækkaði um 1% af heildinni. Samtals fjölgar þeim því heldur sem ganga og hjóla. Á könnuninum er sem fyrr segir sá munur að í ferðavenjukönnun er spurt um allar ferðir, en landlæknir spyr aðeins um ferðir til vinnu. Í ferðavenjukönnun voru þeir sem ekki hjóla allt árið um kring spurðir hvers vegna þeir gerðu það ekki. Flestir kenndu veðurfari um (40%), fjórðungur sagðist ekki eiga hjól, en 9% fannst vanta (betri) hjólastíga. Svörin benda til þess að hlutdeild hjólreiðamanna gæti aukist með stígagerð og skattaívilnunum fyrir hjól og rafhjól.

Sem fyrr segir var virðisaukaskattur af reiðhjólum, rafmagnshjólum og skútum felldur niður að vissu marki í byrjun árs 2020. Erfitt er að meta áhrifin á sölu á rafmagnshjólum og skútum, því að þetta eru nýlegar vörur. Hér er því tekið mið af sölu á reiðhjólum og gert ráð fyrir að skattaafslátturinn verði til þess að sala á hvers kyns hjólum vaxi í eitt ár um rúm 20% en dali síðan aftur. Jafnframt gerum við ráð fyrir að hjól af öllu tagi endist í 7 ár að meðaltali. Verðlækkunin verður þá til þess að reiðhjólum, rafmagnshjólum og skútum fjölgar um nálægt 3%, eða ríflega 8.000. Áhrifin af skattaafslættinum eru tvenns konar. Inngripin valda óhagræði eða allratapi, því að meira er keypt af hjólum en hagkvæmt væri ef ekki kæmu til góð úthrif af kaupunum. Allratap af skattaafslættinum er hér talið tæplega 20 milljónir króna á ári. Úthrif af afslættinum stafa af því að bílar eru notaðir minna en ella. Verðteygni eftirspurnar eftir hjólum er lítil og ef gert er ráð fyrir að eftirspurn ráðist af notkun er líklegt að hjólin sem bætast við séu notuð minna en þau sem fyrir eru. Hjólreiðar aukast því varla um meira en 1-2% þegar skattheimta minnkar af hjólunum. Losun gróðurhúsalofttegunda minnkar sem því nemur, önnur loftmengun minnkar, minna fé þarf í vegi fyrir bíla o.s.frv.

Rafmagnshjólum hefur fjölgað undanfarin ár og nú síðast hafa rafskútur náð vinsældum á skömmum tíma. Í ferðavenjukönnun Maskínu fyrir Reykjavíkurborg frá júní 2021 eru ferðum með rafskútum gerð sérstök skil. Vegið hlutfall ferða með þeim var 4,1% af öllum ferðum til vinnu (Maskína, 2021, bls. 3). Skúturnar eru minna notaðar á veturna, eins og raunar öll hjól. Rafhjól og skútur fara eftir hjólastígum og góðir stígar eru því forsenda þessara nýjunga.

Verulega munar um göngu- og hjólreiðastíga sem boðaðir eru í aðgerðaáætlun stjórnvalda. Göngu- og hjólreiðastígar á höfuðborgarsvæðinu verða allt að 40% lengri árið 2030 en 2019 (sbr. Hagfræðistofnun 2017, töflu 6-1).

Skattalækkarnir á hjólum og stígagerð verða til þess að fleiri ganga og hjóla, en erfitt er að meta áhrifin nákvæmlega. Hér er reiknað með að hlutdeild gangandi og hjólandi í öllum ferðum á höfuðborgarsvæðinu vaxi smám saman úr 19% árið 2019 í 22% 2030.

Gert er ráð fyrir að draga megi úr fjárfestingum í stofnbrautum og viðhaldi þeirra um 1,8% til 2030 vegna þess að fleiri ganga og hjóla. Stuðst er við tölur úr samgönguáætlun um kostnað vegna nýframkvæmda á árunum 2020 til 2030. Sparnaðurinn nemur þá um 460 milljónum króna árið 2030.

Göngur og hjólreiðar stuðla að bættri heilsu, en hér eru áhrif þess ekki metin.

3.2 Niðurstöður

Núvirtan kostnað og ábata af stígagerð og skattaívilnunum á árunum 2019 til 2030 má sjá í töflu 5 á bls. 18. Í lokin standa eftir stígar, sem verða líklega í ágætu standi. Hér er gert ráð fyrir að með viðhaldi endist stígarnir í 25 ár eftir það. Alls er rúmlega 300 milljóna króna afgangur af aðgerðinni. Samtals sparast um 170 þúsund tonn af koltvísýringsgildum frá 2019 til 2055. Kostnaður á hvert koltvísýringsgildistonn er um 8.000 krónur áður en loftslagsáhrif eru verðlögð. Í töflu 6 á bls. 19 má svo sjá tölur um samdrátt í losun CO₂, ár fyrir ár, og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Óhagkvæmt verður að styðja göngur og hjólreiðar þegar ávöxtunarkrafa fer í 5,3%. Ef miðað er við 5% ávöxtunarkröfu og aðrar forsendur eru óbreyttar verður aðgerðin óhagkvæm ef verð á koltvísýringsgildi lækkar um 20%.

Tafla 5. Niðurstöður fyrir aðgerðir A.1 og A.2. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður			Sparnaður CO ₂	Annar sparnaður					Samtals		
	Stofn-kostnaður	Kostnaður vegna skattaafsl.	Rekstur og viðhald	Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ *	Stofnbrautir (stofn-kostnaður)	Stofnbrautir (rekstrar-kostnaður)	Bílslys	Lofnmengun	Hljóðmengun	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019	-1.380		-10	4	21	16	31	16	11	-1.390	99	-1.291
2020	-1.380	-20	-19	11	47	35	63	31	23	-1.419	209	-1.210
2021	-1.380	-20	-29	24	78	58	94	47	34	-1.429	335	-1.094
2022	-1.380	-20	-39	48	100	74	125	63	45	-1.438	455	-983
2023	-1.380	-20	-49	50	120	90	156	78	57	-1.448	551	-897
2024	-1.380	-20	-58	64	141	105	188	94	68	-1.458	659	-799
2025	-1.380	-20	-68	79	163	121	219	110	79	-1.468	771	-697
2026	-1.380	-20	-78	93	186	139	250	125	90	-1.477	885	-593
2027	-1.380	-20	-88	109	207	154	282	141	102	-1.487	995	-492
2028	-1.380	-20	-97	122	228	170	313	157	113	-1.497	1.102	-395
2029	-1.380	-20	-107	136	247	184	344	172	124	-1.507	1.207	-299
2030	-1.380	-20	-117	148	264	197	376	188	136	-1.516	1.308	-208
2031-2055			-1.646	2.085		2.858	5.455	3.343	1.972	-1.646	15.712	14.066
Núvirt með 5% vöxtum										-13.769	14.102	333

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 6. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerða A.1 og A.2, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingarvexti. Núvirt til ársins 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019	1.325	3.004	3.004	3.004	4	4	4
2020	2.594	3.978	3.958	3.883	10	10	10
2021	3.797	6.020	5.962	5.737	23	23	22
2022	4.895	9.112	8.980	8.477	45	44	41
2023	5.887	7.762	7.613	7.049	46	45	41
2024	6.760	8.350	8.149	7.402	56	55	50
2025	7.515	9.093	8.831	7.869	68	66	59
2026	8.151	9.611	9.289	8.119	78	76	66
2027	8.671	10.277	9.885	8.475	89	86	73
2028	9.082	10.731	10.271	8.638	97	93	78
2029	9.394	11.327	10.789	8.901	106	101	84
2030	9.619	11.720	11.109	8.991	113	107	86
2031-2055	91.383				2.027	1.807	1.161
Samtals 2019-2055	169.073				2.763	2.517	1.777

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

4. Borgarlína og stækkun Strætókerfis: A.3

Úr aðgerðaáætlun

A.3 Borgarlína og stækkun kerfis Strætó

- Ráðist í uppbyggingu nýs samgöngukerfis, Borgarlínunnar, með sérstökum akreinum, forgangi á umferðarljósum og tíðari ferðum

Samantekt á aðgerð A.3. Borgarlína og stækkun kerfis Strætó

Núvirtur ábati: 76 milljarðar kr.

- Tímasparnaður
- Stofnbrautir
- Bísllys
- Loftmengun
- Hljóðmengun
- Minni losun CO₂
- Tekjur af sölu farmiða

Núvirtur kostnaður: 76 milljarðar kr.

- Stofnkostnaður
- Rekstrar- og viðhaldskostnaður
- Umferðartafir vegna Borgarlínu

Nettó áhrif: 0 milljarðar kr.

Útan við líkan

- Umferðarrask á framkvæmdatíma
- Áhrif Fossvogsbrúar á siglingar og ásýnd vogsins
- Óhagræði af sköttum til að fjármagna Borgarlínu
- Áhrif Borgarlínu á umhverfisvæna byggðaðróun og hagkvæma landnýtingu
- Ábati af nýjum göngu- og hjóltreidastígum meðfram Borgarlínu

Árið 2019 komust ríki og sveitarfélög á höfuðborgarsvæðinu að samkomulagi um samgöngur, sem gildir til loka árs 2033 (Samgöngu- og sveitarstjórnarráðuneytið, 2019). Þar sætir Borgarlína mestum tíðindum. Í Borgarlínu aka almenningsvagnar eftir sérstökum akreinum og hafa forgang

á gatnamótum. Lögð er áhersla á greiðan aðgang að vögnum og tíðar ferðir, sem taki stuttan tíma (Betri samgöngur ohf., á.á.). Borgarlínan er stundum kölluð hraðvagnakerfi, en það er nokkurs konar millistig milli hefðbundinna strætisvagna og lesta (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Gert er ráð fyrir að allir borgarlínuvagnar gangi fyrir rafmagni eða metani, líkt og kveðið er á um í aðgerðaáætlun stjórnvalda í loftslagsmálum (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020).

Borgarlína kallar á breytingar á leiðakerfi Strætó. Hér er fjallað um áhrif beggja þessara breytinga og þær bornar saman við núverandi Strætókerfi. Íbúum fjölgar á höfuðborgarsvæðinu á komandi árum. Við það fjölgar farþegum í almenningssamgöngum hvort sem ráðist verður í Borgarlínu og breytingar á Strætókerfinu eða ekki. Fjölgun farþega vegna mannfjölgunar er því látin liggja milli hluta í matinu. Borgarlína er ekki bara loftslagsaðgerð heldur hefur hún margvísleg áhrif á líf í borginni. Hér er horft á öll áhrif hennar og stækkunar á kerfi Strætó, sem hægt er að leggja mat á með góðu móti. Ógjörningur er að meta einn þátt sérstaklega í flóknum aðgerðum. Ef Borgarlína reynist óhagkvæm þegar allt er skoðað er hún líka óhagkvæm sem loftslagsaðgerð. Matið er ólíkt öðrum úttektum í þessari skýrslu að því leyti að það er ekki sjálfstætt, heldur hvílir það í mörgum meginatriðum á samfélagslegri greiningu Mannvits og Cowi á Borgarlínu frá 2020. Þetta setur því töluverðar skorður, því að forsendur greiningar Mannvits og Cowi eru ekki alltaf ljósar. En mat okkar á loftslagsáhrifum verkefnisins, ásamt áhrifum þess á slys, loftmengun, hávaða og þörf fyrir stofnbrautir er óháð úttekt Mannvits og Cowi. Gert er ráð fyrir að kerfið endist í 50 ár og er fjárfestingin þá talin verðlaus, en Mannvit og Cowi skoða rekstur kerfisins í 30 ár og verðmeta eignir í lok þess tíma.

4.1 Framkvæmda- og rekstrarkostnaður

Borgarlínan er langtímaverkefni. Verkefnið skiptist í tvo áfanga og er hvor um sig nokkrar lotur (Hallbjörn R. Hallbjörnsson o.fl., 2021). Í þessari skýrslu er athyglin á aðgerðum stjórnvalda til ársins 2030. Í frumdragaskýrslu um Borgarlínu er áætlað að fjórum lotum verði þá lokið. Árið 2025 verður fyrsta lota tekin í notkun en gert er ráð fyrir að lokið verði við aðra lotu í byrjun árs 2026 og þriðju lotu um mitt ár 2029. Áætlað er að fjórðu lotunni ljúki 2030 (Hallbjörn o.fl., 2021), en hér er aðeins horft á fyrstu þrjár loturnar, enda liggja mestar upplýsingar fyrir um þær. Í frumdragaskýrslunni er gert ráð fyrir að tæplega 34,5 milljarða króna kosti að leggja þær, samanber töflu 7 hér á eftir. Kostnaðurinn er á verðlagi ársins 2019 (Hallbjörn o.fl., 2021, bls. 53). Þekkt er héðan og erlendis að stórar og óvenjulegar framkvæmdir reynast oft dýrari en ráðgert er (sjá umfjöllun í kassa á næstu blaðsíðu). Enn er margt óljóst og ferlið skammt á veg komið. Því er í frumdragaskýrslunni lagt 40% óvissuálag á upphaflegt mat á stofnkostnaði Borgarlínu. Álagið er talið með í milljörðunum 34,5. Þetta mat er notað í úttekt Hagfræðistofnunar. Stofnkostnaður á hvern kílómetra er nálægt 1½ milljarði króna að jafnaði.

Í stórum, flóknum verkefnum er kostnaður oft vanmetinn og tekjur ofmetnar

Hér á landi stenst venjuleg vegagerð yfirleitt kostnaðaráætlanir ágætlega. Af 127 samgönguverkefnum sem lokið var á árunum 1999-2006 reyndust 47% dýrari en lagt var upp með en 39% voru undir áætlun. Kostnaður var ekki metinn fyrir fram í 11% verkefnanna og 4% voru á áætlun. Almennt voru það helst lítil verk sem ekki stóðust áætlun (Ríkisendurskoðun, 2008, Samgönguframkvæmdir, stjórnsluúttekt). En nokkrar stórframkvæmdir hér á landi hafa líka reynt dýrari en talið var í upphafi og eru Vaðlaheiðargöng þar nýjust. Erlendar athuganir benda til þess að eftir því sem framkvæmdir verði stærri og óvenjulegri sé þeim hættara við að fara fram úr kostnaðaráætlun. Tekjur eru líka iðulega ofmetnar af slíkum verkefnum. Bent Flyvbjerg og samstarfsmenn hans í Álaborg skoðuðu 12 lestarkefni í borgum og bæjum, þar sem bæði lágu fyrir áætlunir um kostnað og farþegafjölda áður en verk hófst og rauntölur að því loknu. Að jafnaði reyndist kostnaður 40% meiri en lagt var upp með, en farþegar reyndust 48% færri en spáð hafði verið. Framúrkeyrsla í kostnaði var almenn og svipað má segja um ofmat á fjölda farþega (Flyvbjerg o.fl., 2003 bls. 38). Ein skýringin er það sem nefnt er upphafsvilla (e. *anchoring bias*). Þegar byrjað er á kostnaðar- og ábatamati liggur þá í raun fyrir, að flestra dómi, að verkefnið sé nytsamlegt. Sérfræðingar hrífast með eins og aðrir og ofmeta kostina og vanmeta áhættu (Kahneman, 2011). Önnur skýring er þrýstingur á sérfræðingana (Wachs, 1989). Bent Flyvbjerg og sálfræðingurinn Daniel Kahneman, sem hlotið hefur Nóbelsverðlaun í hagfræði, mæla með því að kostnaðarmat taki mið af kostnaði við sambærileg verkefni sem þegar er lokið. Matið sé síðan hækkað eða lækkað frá viðmiðinu ef eitthvað sérstakt mælir með því (Kahneman, 2011). Opinber áætlun um stofnkostnað Borgarlínu virðist vera heldur undir meðaltalskostnaði af sambærilegum verkum í útlöndum, en ekki munar miklu.

Tvær bandarískar samantektir gefa til kynna að í auðugum löndum kosti borgarlínur (e. *bus rapid transit*) að jafnaði 1,5-1,7 milljarða króna á kílómetrann. Algengast er að kílómetrinn kosti vel undir 2 milljörðum króna (Cervero, 2013, bls. 25-26; The Institute for Transportation and Development Policy, 2017, bls. 26-27). Hér eru kostnaðartölur í Bandaríkjadöllum uppfærðar til verðlags ársins 2019 og færðar yfir í íslenskar krónur á kaupmáttarjafnvægisgengi, sem Alþjóða gjaldeyrissjóðurinn gefur út. Tölurnar eiga því að endurspeglar mun á almennu verðlagi hér og í öðrum löndum. Frávik frá meðaltalskostnaði fara meðal annars eftir því hvað mikið er um erfið verk eins og brýr og göng. Fossvogsbrú er í fyrstu lotu Borgarlínu, en í kostnaðaráætlun er gert ráð fyrir að þar kosti kílómetrinn 1,7 milljarða króna, ekki langt frá meðaltali í erlendum rannsóknum. Gert er ráð fyrir að seinni áfangar kosti 1,3 milljarða á kílómetrann, eða 15-25% undir meðalkostnaði í erlendu athugunum tveim. Tafla 7 sýnir vegalengdir fyrstu þriggja lotanna, stofnkostnað hvernar lotu og kostnað á kílómetra.

Tafla 7. Stofnkostnaður og vegalengd hraðvagnakerfis fram til ársins 2030 með virðisaukaskatti á verðlagi 2019.

Lota	Lýsing	Vegalengd (km)	Stofnkostnaður (milljarðar kr.)	Kostnaður á km (milljarðar kr.)
1	Ártúnshöfði-Hlemmur/Hlemmur-Hamraborg	14,5	24,2	1,7
2	Hamraborg-Lindir, í gegnum Smárann	4	5,1	1,3
3	Mjódd-BSÍ, um Voga og Miklubraut	4	5,1	1,3
	Samtals	22,5	34,5	1,5

Heimild: Hallbjörn R. Hallbjörnsson o.fl. (2021).

Þegar Borgarlína verður tekin í notkun eykst rekstrarkostnaður Strætó af tveim ástæðum: Í fyrsta lagi kostar sitt að reka hana sjálfa, en auk þess þarf að bjóða tíðari ferðir og lengri þjónustutíma í gamla leiðakerfinu ef markmið um fjölgun farþega á að nást (Hallbjörn o.fl., 2021). Kostnaðurinn eykst eftir því sem Borgarlína lengist. Kostnaðartölur eru áætlaðar með hliðsjón af úttekt Mannvits og Cowi (Þróstur Guðmundsson, Ólöf Kristjánsdóttir, Andreas Kildegaard Pedersen, Meta Reimer Brødsted, Albert Skarphéðinsson, munnleg heimild 25. janúar 2022).

Þar sem ferðum fjölgar með almenningssamgöngum er hér gert ráð fyrir að draga megi úr fjárfestingum í stofnbrautum fyrir bíla um 0,7% til 2030. Ekki er reiknað með að viðhald stofnbrauta minnki jafnmikið og akstur einkabíla, enda er það að hluta til óháð umferð. Miðað er við að viðhaldið dragist saman um rúmlega 0,5% til 2030. Stuðst er við kostnaðartölur úr samgönguáætlun um kostnað vegna nýframkvæmda á árunum 2020 til 2030. Árið 2030 sparast af þessum sökum um 160 milljónir króna í fjárfestingum í stofnbrautum og rekstri þeirra.

4.2 Ábati notenda

Aðalábatinn af Borgarlínu og stækkun Strætókerfisins er styttri bið, færri seinkanir og skemmri ferðir en verið hefur með Strætó. Meðalferð með borgarlínuvagni verður um tveimur mínútum styttri en Strætóferðir eru nú (Mannvit og Cowi, 2020), en styttri ferðatími er reyndar aðeins um það bil þriðjungur af ráðgerðum tímasparnaði farþega. Í skýrslu Mannvits og Cowi er tæpur þriðjungur tímasparnaðarins skýrður með styttri bið, heima og við biðstöðvar. Þá á leiðin að næstu biðstöð að styttest, auk þess sem fljótlegra verður að skipta um vagn. Ef fólk sem nú ekur einkabílum nýtir Borgarlínu, eins og stefnt er að, eykst rými á götunum og umferðartöfum fækkar hjá öðrum ökumönnum. Á hinn bóginn tekur Borgarlína pláss á götum borgarinnar og þrengir að bílaumferð. Það vegur þyngra og að meðaltali lengist ferðatími með einkabílum að dómi Mannvits og Cowi. En miklu meira munar um tímasparnað fólks sem notar almenningssamgöngur. Að jafnaði eyða borgarbúar því skemmri tíma í ferðir eftir að Borgarlínan kemur til.

En hvað er tímasparnaðurinn mikils virði? Eðlilegt er að meta virði tíma í vinnu jafnt launakostnaði. Árið 2021 var launakostnaður á unna stund á Íslandi að meðaltali rétt tæpar 6.500

krónur (Hagstofa Íslands, 2022). Algengt er að frítími sé metinn á 25-40% af launakostnaði, en ferðir til vinnu eru hér taldar til frítíma (Sartori et al, 2014, bls. 90). Miðgildi af 25 og 40% af 6.500 kr. eru 2.111 kr. Þá verður að meta biðtíma sérstaklega, bæði bið eftir vagni og tafir vegna umferðarhnúta. Bið og tafir reyna á þolinmæði farþega. Því er lagt 50% álag á virði tíma sem fer í bið eða tafir í umferð (Sartori et al., 2014, bls. 91). Í ljósi danskrar mælingar telja Mannvit og Cowi grunntímavirði 2.444 krónur, eða ríflega 15% hærra en það sem við miðum við (Mannvit og Cowi, 2020, bls. 47-48). Annað frávik frá mati Mannvits og Cowi er að við gerum ráð fyrir að virði tíma fólks í almenningssamgöngum sé um það bil 20% minna en í einkabílum. Þetta er í samræmi við ráðleggingar Evrópusambandsins og stafar af því að fólk sem ferðast með almenningssamgöngum er að jafnaði með lægri laun en þeir sem nota einkabíl (Sartori et al, 2014, bls. 138). Á höfuðborgarsvæðinu ferðast tæpur þriðjungur fólks með heimilistekjur undir 400 þúsund krónum með strætisvögnum en um fimmtingur fólks í öðrum tekjuhópum (Maskína, 2021, bls. 7). Þá er hér gert ráð fyrir að laun hækki að jafnaði um 1½% á ári umfram verðlag. Þetta er í samræmi við langa reynslu, en ekki virðist vera reiknað með þessu í úttekt Mannvits og Cowi. Að öllu samanlögðu munar sennilega ekki miklu á tímavirðismati Mannvits og Cowi og okkar.

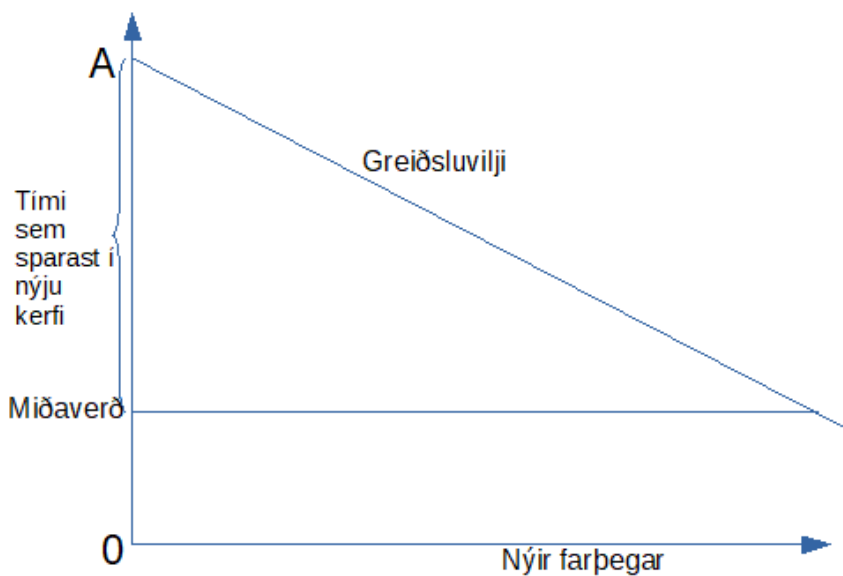
Á árunum 1997-2007 voru tekin í notkun léttlestarspor í sjö borgum í Vestur-Evrópu. Þau voru 9-19 km að lengd, en að meðaltali 15 km.³ Farþegum með almenningssamgöngum fjölgaði um 8-45% við þessa viðbót. Að meðaltali var fjölgunin um 19% í borgunum sjö. Í ljósi þessa var því spáð að farþegum í almenningssamgöngum í Björgvin fjölgaði um 10% með 10 km léttlestarlínu, sem taka átti í notkun 2010 (Norconsult, 2009, bls. 30). Spáin virðist hafa staðist nokkurn veginn (Odenseletbane, 2020). Björgvin er álíka fjölmenn og höfuðborgarsvæðið (tæplega 290 þúsund íbúar á móti 240 þúsundum). Borgarlína er reyndar miklu ódýrari kostur en lest, en ekki ætti að muna miklu á þjónustunni. En ráða má af farþegatölum að almenningssamgöngur séu verri hér fyrir og því gæti munað meira um viðbótina. Árið 2019 voru ferðir með Strætó tæplega 12 milljónir (Strætó, 2020, bls. 41), en áður en léttlestir tóku að ganga í Björgvin voru farnar tæplega 27 milljónir ferða á ári með almenningssamgöngum þar. Á móti kemur að byggð er dreifðari í Reykjavík og grannbyggðum en í flestum öðrum borgum Evrópu. Það vinnur gegn almenningssamgöngum. Í skýrslu Mannvits og Cowi eru ábatareikningar byggðir á þeirri niðurstöðu úr samgöngulíkani að ferðum með almenningssamgöngum fjölgi um 42% með fyrstu þrem lotum Borgarlínu og stækkun strætókerfisins um sama leyti (Þröstur Guðmundsson, Ólöf Kristjánsdóttir, Andreas Kildegaard Pedersen, Meta Reimer Brødsted, Albert Skarphéðinsson, munnleg heimild 25. janúar 2022, Hallbjörn o.fl. 2021). Fjölgunin er í hærra lagi miðað við lengd fyrstu áfanga Borgarlínu, 22,5 km, og lengd léttlestarspora í öðrum vestur-evrópskum borgum,

³ Borgirnar eru Saarbrücken, Þýskalandi, Orleans, Valencienes, Le Mans, Mulhouse, Frakklandi, Dyflinni, rauð lína, Dyflinni, græn lína, Írlandi, Nottingham, Englandi, sjá <https://docplayer.me/6285420-Kollektivreisende-i-bybankorridoren-radal-bergen-sentrum.html>.

sem skoðaðar voru hér að framan. Vera kann að muninn megi skýra að miklu leyti með því að meira muni um endurbætur á almenningssamgöngum hér, en varlegra virðist að gera ráð fyrir að fjölgunin verði nær nýlegri reynslu annarra Evrópuþjóða af því að leggja léttlestarspor í borgum. Hér er gert ráð fyrir að ferðum fjölgi um 25%.

4.3 Tekjur í formi fargjalda

Beinar tekjur af Borgarlínu verða fyrst og fremst fargjöld. Hið opinbera, ríki og sveitarfélög, greiða það sem út af stendur. Með tímanum er reiknað með að framlag ríkis og sveitarfélaga til hraðvagnakerfisins dragist saman (Hallbjörn o.fl., 2021), en forsenda þess er að markmið um uppbyggingu kerfisins og farþegafjölda náist (Hallbjörn o.fl., 2021). Í borgum á stærð við Reykjavík er algengt að helmingur rekstrarkostnaðar sé greiddur af hinu opinbera og hinn helmingurinn af fargjaldatekjum (Hagfræðistofnun, 2017). Fargjöld þeirra sem ferðast nú þegar með almenningsvögnum breytast ekki þegar kerfið batnar og þau hafa ekki áhrif á útreikninga á kostnaði og ábata. En öðru máli gegnir um fargjöld sem nýir farþegar greiða.



Mynd 1. Nýir farþegar hagnast á tímasparnaði í nýju kerfi, en borga auk þess fyrir farið.

Skoðum mynd 1 hér að framan. Bilið frá miðaverði að greiðsluviljaferlinum sýnir verðmæti tímans sem sparast hjá nýjum farþegum með Strætó og Borgarlínu. Sumir sem nú ferðast með bíl þurfa litla hvatningu til þess að skipta yfir í almenningssamgöngur. Þjónustan þarf bara að batna örlítið til þess að þeir færi sig. Þeir mundu borga A krónur fyrir farið ef þess væri krafist, en borga að sjálfsgöðu aðeins uppsett verð. Ábati þeirra af endurbótum á kerfinu er A mínus miðaverð. Aðrir vilja ekki borga jafnmikið fyrir far í nýju kerfi og þegar greiðsluvilji nær ekki

miðaverðinu halda menn sig við fyrri ferðamáta. Ábati notenda af endurbótum á kerfinu er þríhyrningurinn sem markast af miðaverði, punktinum A og skurðpunkti miðaverðs og greiðsluvilja. En við ábata Strætós bætast fargjöldin sem nýir farþegar borga.

4.4 Þættir fyrir utan matið

Ýmislegt rask fylgir framkvæmdum við Borgarlínu. Umferð tefst meðan á þeim stendur – og þær standa í nokkur ár. Hér er ekki reiknaður kostnaður af því. Þá á brú yfir Fossvog eftir að setja mikinn svip á umhverfið. Skerjafjörður hefur haldist ósnertur að miklu leyti, ef frá eru taldar landfyllingar á norðanverðu Kársnesi og við Sjáland í Garðabæ. Því munar meira um brúna í landslaginu en ella. Annars staðar á höfuðborgarsvæðinu hefur landi víða verið raskað. Fyrir hálfri öld var bent á að búið væri að spilla miklu af strandlengjunni frá Laugarnesi og vestur úr (Svava Jakobsdóttir, 1969) og síðan hefur ströndin austur af Laugarnesi að miklu leyti verið færð úr skorðum. Því má ætla að nokkur eftirspurn sé eftir ósnortnum strandsvæðum í borginni. Fossvogsbrú torveldar siglingar, en á veginum má á sumrin sjá margar skútur á vegum siglingaklúbba, sem starfa báðum megin við hann (Reykjavíkurborg og Kópavogsbær, 2018). Tjón af þessum völdum er ekki talið með í mati á kostnaði af Borgarlínu. Þá er fjár til þess að efla almenningssamgöngur að miklu leyti aflað með sköttum. Flestir skattar valda óhagræði, en kostnaður af því er ekki metinn hér.

Á hinn bóginn nýtist brú yfir Fossvog bæði gangandi fólki og hjólandi. Með Borgarlínu verða víðar lagðir nýir göngu- og hjólreiðastíggar. Í skýrslu um frumdrög Borgarlínu kemur fram að tæpir fjórir milljarðar króna af stofnkostnaði hennar renna til göngu- og hjólreiðastíga (Hallbjörn o.fl., 2021, bls. 49). Sums staðar opnast nýjar leiðir, eins og yfir Fossvog, en annars staðar eru stíggar sem lenda undir línunni endurgerðir. Ábati af nýjum göngu- og hjólreiðastígum er ekki tekinn með í matið. Ekki er heldur horft til þess að nýjar forsendur skapast fyrir byggð í næsta nágrenni Borgarlínu. Gera má ráð fyrir að lóðir í grennd við hana hækki í verði og sóst verði eftir því að fá að reisa þar hús.

4.5 Niðurstöður

Niðurstaðan er sú að fyrstu þrír áfangar Borgarlínu og efling strætókerfisins komi nokkurn veginn út á sléttu. Yfirlit um einstaka kostnaðar- og ábataliði má sjá í töflu 8 hér á eftir. Haldið verður áfram að stækka Borgarlínuna eftir að þriðju lotu er lokið, en hér er ábati af fyrstu þremur lotunum núvirtur um alla framtíð miðað við að kerfið stækki ekki upp frá því.

Nokkru munar á forsendum okkar og ábatamats Mannvits og Cowi, sem hér hefur oft verið vitnað til. Hér er gerð 5% ávöxtunarkrafa en 4% þar. Eins og fram kemur í inngangi er ekkert almennt samkomulag um val á ávöxtunarkröfu í kostnaðar- og ábatamati. Raunar er fjárfestingaráhætta misjöfn frá einu verkefni til annars. Besta leiðin til þess að komast að rétttri ávöxtunarkröfu fyrir verkefnið er að skoða ávöxtunarkröfu á fé sem lagt er til hlutafélags um það,

án ábyrgðar ríkis og bæjarfélaga. Þá er hér gert ráð fyrir að farþegum fjölgi minna með tilkomu Borgarlínu og endurbótum á strætókerfinu en í úttekt Mannvits og Cowi, eða um 25%, en ekki 42% eins og þar. Lægri talan er nær nýlegri reynslu grannþjóða af því að leggja léttlestarspor í borgum.

Á hinn bóginn koma nokkrir ábataliðir betur út hér en hjá Mannviti og Cowi. Ábati af minni loftmengun er talinn meiri hér. Hið sama á við um mat á tonni af koltvísýringsígildum. Mannvit og Cowi miða við markaðsverð á losunarheimildum um það leyti sem skýrsla þeirra var tekin saman, en gera ekki ráð fyrir að verðið hækki eins og hér er gert. Þá eru áhrif skattheimtu vegna verkefnisins á skilvirkni í hagkerfinu ekki færð til gjalda hér.

Þegar rafmagnsbílum fjölgar dregur úr loftslagsáhrifum af bílaumferð. Hér er reiknað með að hlutfall rafmagnsbíla af öllum bílum vaxi úr 3% árið 2019 í helming 2030 og að smám saman hverfi bensín- og dísilbílar úr umferð. Í því ljósi er hæpið að líta á Borgarlínu sem sérstaka loftslagsaðgerð þegar til lengdar lætur.

Gert er ráð fyrir að um 51 þúsund tonn af kolefni sparist með aðgerðinni frá 2019 til 2080. Kostnaður á hvert tonn koltvísýringsígilda er rúmlega 14.500 krónur áður en loftslagsáhrif eru verðlögð. Í töflu 9, hér fyrir neðan, má sjá tölur um samdrátt í losun CO₂, ár fyrir ár, og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Sem fyrr segir er verkefnið mjög nálægt því að koma út á sléttu miðað við þær forsendur sem hér er miðað við, það er 25% fjölgun farþega, 5% ávöxtunarkröfu og verð á koltvísýringsígildum á markaði Evrópusambandsins og spá um það næstu áratugina.

Tafla 8. Niðurstöður fyrir aðgerð A.3. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til ársins 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður			Sparnaður CO ₂	Annar sparnaður							Samtals		
	Stofn-kostnaður	Rekstur og viðhald	Umferðar-tafir	Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ *	Stofnbr. (stofn-kostnaður)	Stofnbr. (rekstrar-kostnaður)	Bíl-slys	Loft-mengun	Hljóð-mengun	Tíma-sparnaður	Far-miðar	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019	-320											-320		-320
2020	-639											-639		-639
2021	-1.649											-1.649		-1.649
2022	-3.865											-3.865		-3.865
2023	-3.762											-3.762		-3.762
2024	-13.977											-13.977		-13.977
2025	-16.255	-546	-432	9	18	10	25	12	9	1.539	253	-17.232	1.876	-15.356
2026	-1.412	-1.547	-925	18	37	20	50	25	18	3.320	505	-3.883	3.992	109
2027	-1.031	-1.547	-938	29	55	29	75	37	27	3.369	505	-3.516	4.126	610
2028	-392	-1.547	-953	39	72	39	99	50	36	3.420	505	-2.891	4.259	1.368
2029	-289	-1.677	-1.137	49	89	48	124	62	45	4.084	661	-3.103	5.162	2.060
2030	-201	-2.141	-1.155	59	105	56	149	75	54	4.145	668	-3.496	5.311	1.814
2031-2080		-37.996	-26.489	1.042		998	2.646	1.325	956	95.101	11.861	-64.485	113.929	49.444
Núvirt með 5% vöxtum												-75.741	75.704	-37

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 9. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerðar A.3, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingarvexti. Núvirt til ársins 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019		3.004	3.004	3.004			
2020		3.978	3.958	3.883			
2021		6.020	5.962	5.737			
2022		9.112	8.980	8.477			
2023		7.762	7.613	7.049			
2024		8.350	8.149	7.402			
2025	852	9.093	8.831	7.869	8	8	7
2026	1.618	9.611	9.289	8.119	16	15	13
2027	2.295	10.277	9.885	8.475	24	23	19
2028	2.884	10.731	10.271	8.638	31	30	25
2029	3.390	11.327	10.789	8.901	38	37	30
2030	3.818	11.720	11.109	8.991	45	42	34
2031-2080	36.274				1.213	1.037	580
Samtals 2019-2080	51.131				1.373	1.191	709

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

5. Stuðningur við kaup á vistvænum bílum: A.4, A.5 og A.7

Úr aðgerðaáætlun

A.4 Ívilnanir fyrir vistvæn ökutæki

- Skattalegum ívilnunum markvisst beitt til að auka hlutdeild vistvænna ökutækja
- Ívilnanir vegna rafmagns- og vetnisbifreiða verða framlengdar til ársloka 2023
- Hámarksfjárhæðir og fjöldatakmörk hækkuð
- Ívilnanir vegna tengiltvinnbíla falla niður í árslok 2022

A.5 Innviðir fyrir vistvæn ökutæki

- Á árunum 2019-2023 verður allt að 1,75 milljörðum króna varið til að byggja upp innviði fyrir rafbíla og annarra aðgerða sem snúa að orkuskiptum
- Féð verður m.a. nýtt til uppsetningar hraðhleðslustöðva vítt og breitt um landið og mun hraðhleðslustöðvum styrktum af ríkinu fjölga um 40% á landinu öllu

A.7 Nýskráning bensín- og dísilbíla óheimil árið 2030

- Óheimilt verður að meginreglu að nýskrá bensín- og dísilbíla á Íslandi árið 2030

Samantekt á aðgerðum A.4, A.5 og A.7 Vistvæn ökutæki

Núvirtur ábati: 176 milljarðar kr.

- Minni losun kolefnis
- Ábati kaupenda af stuðningi

Núvirtur kostnaður: 214 milljarðar kr.

- Útgjöld ríkis vegna stuðnings við rafbíla kaup

Nettó áhrif: - 39 milljarðar kr.

Útan við líkan

- Skemmri drægni rafmagnsbifreiða

Bílar sem ganga fyrir rafmagni, metani og vetni njóta alls kyns ívilnana umfram bensín- og dísilbíla. Hér verður athyglin á rafmagnsbílum, en sem stendur er langlíklegast að rafmagn leysi

bensín og dísilolíu af hólmi sem orkugjafi bíla. Horft er á kostnað og ábata frá tveimur sjónarhornum. Annars vegar frá neytendum og hins vegar frá sjónarhorni þjóðfélagsins alls. Meginniðurstöður kaflans sýna þjóðhagsleg áhrif af stuðningi hins opinbera við rafbíla kaup.

Af öllum nýjum fólksbílum, sem skráðir voru hér á landi árið 2020, gengu 46% fyrir rafmagni að fullu eða að nokkru leyti (hér eru tvinnbílar sem ekki er hægt að setja í samband við rafmagn ekki taldir með). Árið 2021 var hlutfallið 58%. Hlutfallið er heldur lægra af öllum bílum, stórum og smáum, því að lítið er um að stórir bílar gangi fyrir rafmagni. Árið 2021 voru samtals 15 nýir metanbílar skráðir hér á landi. Í nokkur ár hefur nýjum metanbílum fækkað ár frá ári. Þrír vetnisbílar eru í yfirliti Samgöngustofu um nýskráningar árið 2021.⁴ Það vinnur með rafmagnsbílunum að stór kostnaðarliður, rafhlöðurnar, lækkar jafnt og þétt í verði. Miklu erfiðara er að segja til um hvaða framtíð vetni og metan eiga sér sem orkugjafar. Sem fyrr segir er lítið um stóra rafmagnsbíla, þó að það kunni að breytast (Askja, 2021). Verið getur að vetni og metan eigi eftir að gegna hlutverki þar.

Hér á eftir er gert ráð fyrir að rafmagnsbílar leysi bensín- og dísilbíla að fullu af hólmi og hlutfall rafbíla af nýskráningum hækki línulega í 100% árið 2030, þegar nýskráning bensín- og dísilbíla verður bönnuð. Til einföldunar er gert ráð fyrir að allir bílar sem ganga fyrir jarðefnaeldsneyti séu bensínbílar. Jafnframt er gert ráð fyrir því að bensínbílar og rafmagnsbílar séu samskonar vörur að öllu öðru leyti til en verðinu. Því er spáð að árið 2030 verði rafbílar um helmingur af öllum bílum hér á landi. Ekki er nóg með að hlutur rafbíla af öllum bílum fari vaxandi, heldur mun nýjum bílum fjölga eftir því sem rafbílar lækka í verði. Forsenda alls þessa er að engin breyting verði á ívilnunum, sem nú eru veittar rafbílaeigendum, en það er engan veginn víst.

5.1 Kostnaður

Sumarið 2021 voru skoðaðar nokkrar bílategundir þar sem í boði voru bæði rafbílar og bensínbílar af sama tagi. Rafhlöður eru 25-40% af verði bíla sem ganga fyrir rafmagni. Í nokkra áratugi hefur verð þeirra að jafnaði lækkað um 13% á ári miðað við almennt verðlag (Ziegler og Trancik, 2021). Við gerum ráð fyrir að verðið haldi áfram að lækka með sama hraða, en annar kostnaður við að búa til rafmagnsbíla breytist ekki. Verð bílanna lækkar þá um rúm 4% 2022 og síðan minna með hverju ári. Árið 2030 lækkar það um tæp 2% og verður þá 20-25% lægra en nú.

5.1.1 Neytendur

Reiknað er með því að keypt verði heimahleðslustöð með öðrum hverjum rafbíl fram á árið 2022, en þá verði hleðslustöðvar við fjölbýlishús, vinnustaði og heimili orðnar svo margar að aðeins

⁴ Þar af voru tveir taldir ganga fyrir vetni og rafmagni.

þurfi að kaupa slíka stöð með þriðju hverri nýrri rafbífreidd. Rekstrargjöld eru núvirt með 5% raunávöxtunarkröfu. Metinn er núvirtur kostnaður af því að eiga rafmagnsbíl og bensínbíl í 13 ár. Ríkið veitir afslátt af virðisaukaskatti af rafmagnsbílum, tengiltvinnbílum og vetnisbílum.

Afslátturinn var síðast framlengdur til ársloka 2023 (Lög um breytingu á lögum um virðisaukaskatt og lögum um tekjuskatt (vistvæn ökutæki o.fl.) nr. 154 2019), en hér er gert ráð fyrir að hann gildi áfram. Undanþágan er bundin við fjölda bíla (15.000 rafmagnsbíla til 2023) og tiltekna fjárhæð. Afslátturinn nægir fyrir rafmagnsbíl sem er í meðallagi dýr (hann er að hámarki 1.150 þúsund krónur, sem nægir fyrir bíl sem kostar 6,5 milljónir króna). Í útreikningum fyrir mynd 2 hér á eftir er ekki gert ráð fyrir að mörkin hafi áhrif. Hagur neytenda af rafbílum er ofmetinn af þessum sökum.⁵ Þá eru rafmagnsbílar undanþegnir ýmsum vörugjöldum sem lagðir eru á bíla vegna mengunar (NEDC-gilda). Ýmis gjöld, sem lögð eru á bensín og dísilolíu, eru ekki heldur heimt af rafmagni. Þetta eru kolefnisgjald, vörugjöld og olúgjöld (Skatturinn, 2018). Hugmyndir eru um að leggja ígildi þessara gjalda á rafmagn á bíla, enda þarf áfram að afla fjár til vegagerðar og annarra ríkisútgjalda, þó að skipt sé um orkugjafa. Engar tillögur hafa þó litið dagsins ljós. Hér er miðað við að bílakaupendur reikni ekki með að skattlagningin breytist.

Beinn núvirtur stuðningur ríkisins til eiganda dæmigerðs rafbíls er um þessar mundir tæpar 3 milljónir króna á ævi bílsins, 13 árum. Að auki styrkir ríkið uppsetningu hleðslustöðva fyrir rafbíla.

Þegar rafmagnsbílar voru tiltölulega nýir á markaði má ætla að mörgum hafi af ýmsum ástæðum þótt minna varið í þá en svipaða bensínbíla:

- > Rafmagnsbílar voru lítt þekktir og reynsla af þeim stutt.
- > Umstang fylgir því að koma upp búnaði til þess að hlaða bílana.
- > Drægni rafmagnsbíla var lengi lítil, einkum í kulda.
- > Hleðslustöðvar voru lengi fáar, sérstaklega úti um land.
- > Meira mál er að verða rafmagnslaus á rafbíl en bensínlaus.

Með tímanum þekkja fleiri til fólks sem hefur góða reynslu af rafmagnsbílum. Hleðslustöðvum fjölgar og drægni bílanna vex. Smekkur er líka misjafn, og hann hefur áhrif á greiðsluvilja. Í augum sumra eykur það verðmæti rafmagnsbíla að þeir losa minna af kolefni en bensín og

⁵ Í desember 2021 voru fluttir hingað 540 rafknúnir bílar sem kostuðu að meðaltali 5½ milljón króna komnir á hafnarbakka hér á landi (Hagstofa.is, eigin útreikningar). Við það verð bætist álagning bílasala.

dísilbílar. Fólk í þeim hópi keypti rafmagnsbíla snemma. Aðrir meta gallana meira, enda velur enn tæpur helmingur kaupenda annars konar bíla.

5.1.2 Samfélagið

Þegar þjóðhagsleg áhrif af rafmagnsbílum eru skoðuð er horft á allan kostnað, hvort sem hann fellur á neytendur eða ekki. Vörugjöldum og virðisaukaskatti er bætt við kaupverð rafmagnsbíla, því að þessi gjöld eru lögð á bensín- og dísilbíla. Þá er ígildi vörugjalda á bensín bætt við verð á rafmagni til bíla. Jafnframt er biðtími við hleðslu verðmetinn og honum bætt við rekstrarkostnað rafmagnsbíls. Stuðst er við spá Orkustofnunar um bensínverð á komandi árum. Kolefnisskattur á bensín er ekki talinn með í þjóðhagslegu mati, en bætt er við mati á þjóðhagslegu tjóni vegna losunar á gróðurhúsalofttegundum. Miðað er við kolefnisverð á markaði Evrópusambandsins og spá um hækkun þess á komandi árum eins og annars staðar í þessari skýrslu. Farið er nánar yfir ýmsar forsendur reikninganna í næsta kafla, þar sem rætt er um bílakaup ríkisins.

Í aðgerðaáætlun segir að á árunum 2019-2023 verði 1,75 milljörðum króna varið til þess að koma upp innviðum fyrir rafbíla, tengja skip í höfnum við rafmagn og til fleiri aðgerða sem tengjast orkuskiptum. Ekki kemur fram hve mikið fer í hvað, en árin 2019 og 2020 var 430 milljónum króna varið í gerð hleðslustöðva víða um land (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021, bls. 32). Í töflu 10 er stuðningnum jafnað niður á hvern nýjan rafmagnsbíl, ásamt áætluðum stuðningi árin 2022 og 2023 (sbr. 3. línu: Innviðir).

Fyrir neytendur hafa rafmagnsbílar verið hagkvæmir frá árinu 2019, en ef stuðningur ríkisins kæmi ekki til mundi meðalneytandi seinka rafbílakaupum um sjö ár, til ársins 2026. Frá sjónarhóli þjóðarinnar verður hagkvæmt að kaupa rafmagnsbíla það ár, samanber töflu 10.

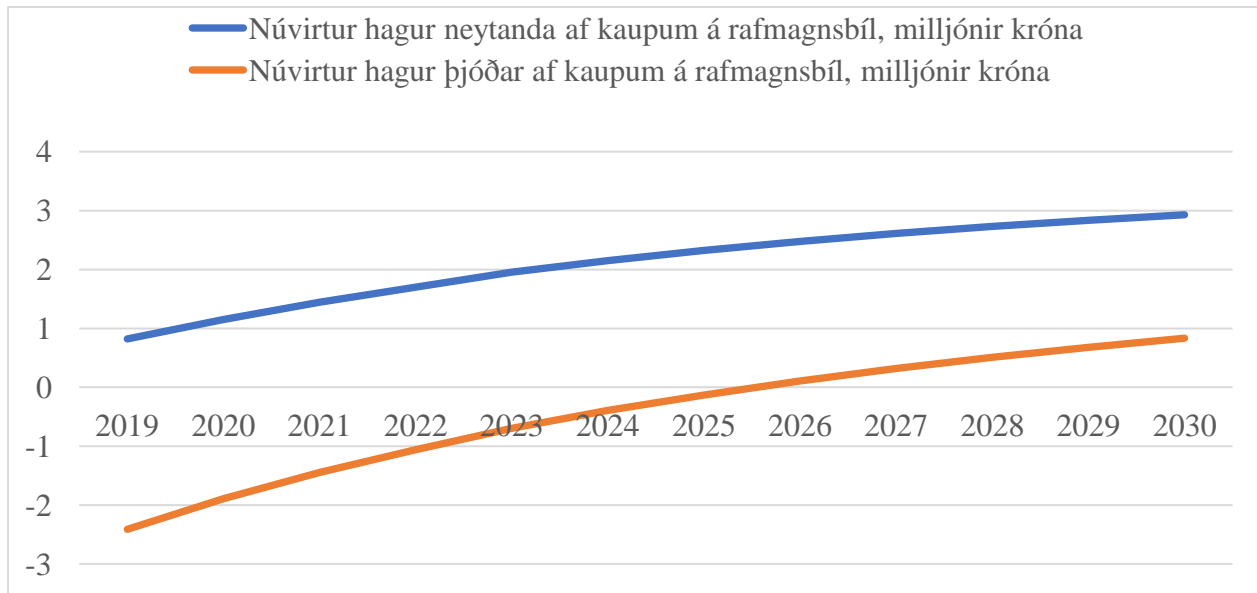
Tafla 10. Þjóðhagslega hagkvæmt verður að kaupa rafmagnsbíl 2026. Taflan sýnir kostnað við rafmagnsbíl í milljónum króna að frádregnum kostnaði við svipaðan bensínbíl. Báðir endast í 13 ár. Bætt er við núvirtum ríkisstuðningi við uppbyggingu innviða á hvern nýjan bíl. Kostnaður er núvirtur með 5% raunávöxtunarkröfu.

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Kaupverð	3,8	3,3	3,0	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1
Rekstur	-1,2	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,5	-1,5
Innviðir	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	-	-	-	-	-	-	-
CO₂-gildi	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4
Samtals	2,4	1,9	1,5	1,1	0,8	0,5	0,2	-0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,7

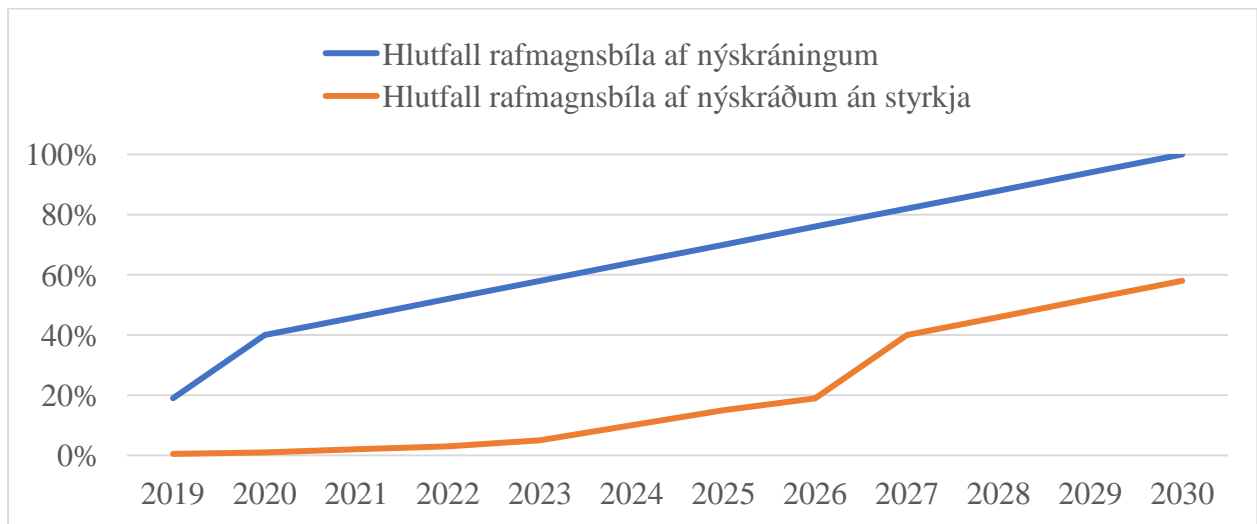
5.2 Áhrif ríkisstuðnings á rafbílakaup

Mynd 2 sýnir muninn á ábata neytenda við rafbílakaup og ábata samfélagsins. Af myndinni að dæma er samfélagslegur ábati árið 2026 minni en ábati neytenda árið 2019, en á móti kemur að

drægni rafmagnsbíla vex ár frá ári, meiri reynsla er af bílunum og hleðslustöðvum fjölgar. Hér er gert ráð fyrir að jafnhagstætt sé að kaupa rafbíl með styrkjum 2019 og án styrkja 2026. Ef ríkið styddi ekki rafbíla kaup má því ætla að þeir yrðu 19% af öllum nýskráðum bílum árið 2026, samanber mynd 3. Hlutfallið mundi síðan hækka í 58% árið 2030. Úr myndinni má lesa ætlaðan mun á hlutfalli nýskráðra rafbíla með ríkisstyrkjum og án þeirra. Ljóst er að stuðningur ríkisins hefur mikil áhrif á nýskráningu rafmagnsbíla.

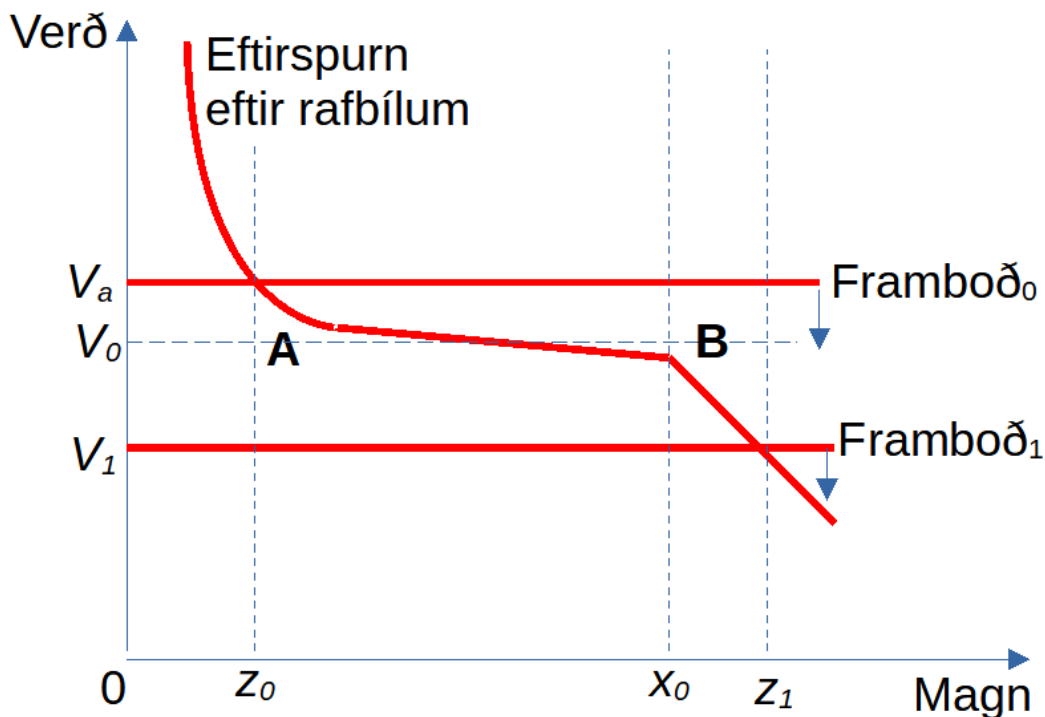


Mynd 2. Kaup á rafmagnsbílum verða hagkvæm frá sjónarhóli þjóðarinnar árið 2026, en neytendur hafa hagnast á þeim um árabíl. Myndin sýnir á lóðréttum ási núvirtan ábata í milljónum króna af því að kaupa dæmigerðan rafmagnsbíl í stað þess að kaupa sambærilegan bensínbíl. Hér er gert ráð fyrir að allir hafi sama smekk, en það er auðvitað ekki rétt.



Mynd 3. Ríkisstuðningur flýttir fyrir skiptum í rafmagnsbíla. Myndin sýnir áætlað hlutfall af nýjum bílum. Heimildir: Samgöngustofa (á. á.), eigin áætlanir og spár.

Áhrif ríkisstuðnings við rafbíla eru skoðuð betur á mynd 4. Á lóðréttum ási er verð bílanna, að meðtöldum núvirtum kostnaði við að reka þá í 13 ár. Ef ríkið veitir enga styrki kosta rafbílar með núvirtum rekstrarkostnaði V_a og z_0 slíkir bílar seljast, en með ýmiss konar stuðningi fer verðið niður í V_1 og eftirspurn magn eykst í z_1 . Áður en rafmagnsbílar komu til sögunnar seldust x_0 bensínbílar á verðinu V_0 . Takið eftir að kúrfan, sem sýnir eftirspurn eftir rafbílum, er flatari fram að x_0 en hægra megin við þann punkt. Eins og kúrfan er teiknuð gera neytendur ekki mikinn greinarmun á rafbílum og bensínbílum og verð á rafbílum þarf ekki að fara langt niður fyrir verð á bensínbílum (V_0) til þess að þeir leggi undir sig allan markaðinn. Sennilega mæta rafbílar heldur meiri tortryggni en ráða má af myndinni. Sem fyrr segir er hér gert ráð fyrir að menn hætti fyrst að kaupa bensínbíla árið 2030, en þá kosta þeir um 50% meira en rafmagnsbílar, að því gefnu að ríkið styðji við kaup á þeim af sama krafti og nú. En ekki er nóg með að ódýrara verði að aka rafmagnsbílum en bensínbílum, heldur verður hreinlega ódýrara að eiga bíl en áður. Núvirtur kostnaður við að eiga rafbíl, V_1 , er minni en kostnaður við að eiga bensínbíl, V_0 . Verðlækkunin verður til þess að bílum fjölgar. Hér er miðað við norskt mat sem gerir ráð fyrir því að þegar bílverð lækki um 1% aukist eftirspurn magn um 0,4% (Fridstrøm og Østli, 2018, bls. 9).



Mynd 4. Ríkisstuðningur við rafbíla ýtir undir kaup á þeim. Framboð₀ sýnir verð og framboð á rafmagnsbílum án ríkisstuðnings, en framboð₁ er með ríkisstuðningi. Þá er z_0 sala á rafmagnsbílum án styrkja, en z_1 er salan með styrkjum. V_0 er verð á bensínbílum, en x_0 er sala á bensínbílum áður en rafmagnsbílar komu á markað.

Ferhyrningurinn, sem afmarkast að ofan með framboði af rafbílum án styrkja (Framboð₀) og framboði með styrkjum (Framboð₁) að neðan, lóðréttum ási vinstra megin og fjölda rafbíla (z_1) hægra megin, sýnir umfang styrkja úr ríkissjóði til kaupa á rafbílum og rekstrar þeirra. Mikill hluti styrkjanna er ábati fólks sem kaupir rafbíla. Það borgar V_1 , en greiðsluviljinn markast af eftirspurnarkúrfunni. Mismunurinn er ávinningur neytenda af kaupunum. Á myndinni er svæðið neðan við eftirspurnarferilinn og V_a , **A**, ábati neytenda, en alls eru útgjöld ríkisins til rafbílastyrkja **A+B**. Þjóðhagslegur kostnaður af stuðningnum er:

$$\mathbf{A+B} \text{ (kostnaður ríkisins)} - \mathbf{A} \text{ (ábati neytenda)} = \mathbf{B}$$

Með tímanum verður ódýrara að framleiða rafmagnsbíla og þeir lækka í verði. Á myndinni þýðir það að framboðskúrfurnar, Framboð₀ og Framboð₁, hliðrast niður. Smám saman minnkar því **B**-reiturn. Með öðrum orðum munar minna um þjóðhagslegan kostnað af aðgerðunum.

5.3 Ytri áhrif rafbílakaupa

Auk kostnaðar af stuðningi við rafbílakaup koma til ýmis ytri áhrif, góð og slæm. Stuðningurinn felst sem fyrr segir í afslætti af virðisaukaskatti og vörugjöldum af rafbílum og afslætti af ýmsum gjöldum sem lögð eru á bensín og dísilolíu. Kolefnisgjald sem lagt er á bensín er hugsað sem greiðsla fyrir tjón sem bruninn veldur á lofthjúpi jarðar. Eðlilegt væri að leggja slíkt gjald á rafmagn frá jarðhitavirkjunum, vegna gróðurhúsalofttegunda sem losna þar, en ekki verður séð að ástæða sé til þess að leggja það á rafmagn frá vatnsaflsvirkjunum og vindrafstöðvum. Líta má á kolefnisgjald sem leiðréttingu á þeirri niðurstöðu sem fæst á frjálsum markaði. Eðlilegt er að innheimta það um langa framtíð – og miða við markaðsverð á losunarheimildum.

Margir líta svo á að annars konar ytri áhrif stafi af ríkisstuðningi við rafbílakaup – og þau skýri stuðninginn við aðgerðina að miklu leyti. Þeir sem kaupa rafmagnsbíla meðan lítið er um þá, stuðli að því að upp spretti þjónusta sem nýtist öllum rafbílaeigendum. Frumkvöðlarnir ryðji brautina fyrir aðra. Rafmagnsbílar þurfi að vera nokkuð margir til þess að verkstæði sérhæfi sig í því að gera við þá og ekki borgi sig heldur að setja upp net hleðslustöðva fyrir örfáa bíla. Þess vegna eigi stjórnvöld að hjálpa markaðnum af stað og styðja við rafbílakaup í nokkur ár. Raunar má segja að þetta séu fremur rök fyrir því að ríkið styðji við uppbyggingu innviða fyrir rafmagnsbíla en því til dæmis að veita afslátt af virðisaukaskatti af bílunum sjálfum. Eftir því sem rafmagnsbílum fjölgar og innviðir byggjast upp vega þessi rök fyrir ríkisstuðningi léttar. Þessi áhrif eru ekki mæld hér.

5.4 Niðurstöður

Tafla 11, á næstu síðu, sýnir núvirtan ríkisstuðning við kaup á rafbílum og rekstur þeirra í 13 ár. Ábati kaupenda eykst ár frá ári, en hann verður aldrei meiri en framlag ríkisins. Með í ábatanum eru góð ytri áhrif vegna þess að minna losnar af kolefni frá rafbílum en bensínbílum. Minni losun

vegur meira á seinni hluta tímabilsins, þegar fleiri rafbílar eru í notkun. Allt tímabilið er tæplega 39 milljarða núvirtur halli af ríkisstuðningi við rafbíla kaup.

Tafla 11. Niðurstöður fyrir aðgerðir A.4 og A.5. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður	Sparnaður CO2	Annar sparnaður	Samtals		
	Útgjöld ríkis vegna stuðnings við rafbíla kaup	Sparnaður vegna minni losunar CO2*	Ábati kaupenda af ríkisstuðningi	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019	-9.172	563	3.588	-9.172	4.151	-5.021
2020	-18.221	1.351	8.454	-18.221	9.805	-8.416
2021	-20.191	1.749	10.690	-20.191	12.440	-7.752
2022	-22.069	2.182	13.053	-22.069	15.236	-6.833
2023	-23.933	2.621	15.742	-23.933	18.364	-5.569
2024	-25.441	3.130	18.306	-25.441	21.437	-4.004
2025	-27.097	3.680	20.922	-27.097	24.602	-2.496
2026	-28.680	4.266	22.766	-28.680	27.032	-1.648
2027	-30.184	4.814	23.715	-30.184	28.529	-1.655
2028	-31.619	5.381	24.610	-31.619	29.991	-1.628
2029	-32.978	5.977	25.430	-32.978	31.407	-1.570
2030	-34.269	6.592	26.193	-34.269	32.784	-1.485
Núvirt með 5% vöxtum				-214.498	175.712	-38.785

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Ætla má að ríkisstuðningurinn verði til þess að á árunum 2019-2030 verði keyptir liðlega 75 þúsund rafmagnsbílar sem ella hefðu gengið fyrir jarðefnaeldsneyti. Á æviskeiði bílanna (13 árum) minnkar losun um 2,2 milljónir tonna af koltvísýringisgildum, en til 2030 minnkar losunin um tæpa milljón tonna af þessum sökum. Kostnaður umfram ábata á hvert koltvísýringstónn sem sparast er um 31 þúsund kr. áður en loftslagsáhrif losunar eru verðlögð. Miðast sú tala við samdrátt í losun á æviskeiði bílanna. Í töflu 12 að neðan má svo sjá tölur um samdrátt í losun CO₂, ár fyrir ár, og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Reiknað gjald fyrir koltvísýringstónn þarf að rúmlega sexfaldast til þess að þessi aðgerð borgi sig – að gefinni 5% ávöxtunarkröfu og öðrum forsendum sem hér er miðað við. Ef ekki er hreyft við reiknuðu gjaldi fyrir koltvísýringstónn verður aðgerðin óhagkvæm þó að ávöxtunarkrafa lækki í núll.

Tafla 12. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerða A.4 og A.5, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingarvexti. Núvirt til ársins 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)*	Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)**		
		2,5%	3%	5%
2019	75.012	563	563	563
2020	158.133	1.318	1.311	1.286
2021	178.407	1.665	1.649	1.587
2022	198.680	2.027	1.997	1.885
2023	214.899	2.375	2.329	2.156
2024	218.954	2.767	2.700	2.453
2025	223.009	3.173	3.082	2.746
2026	231.118	3.589	3.469	3.032
2027	170.297	3.951	3.800	3.258
2028	170.297	4.309	4.124	3.469
2029	170.297	4.669	4.448	3.669
2030	170.297	5.024	4.762	3.854
Samtals	2.179.402	35.429	34.234	29.959

* Tekið er mið af samdrætti í losun á æviskeiði bíla sem keyptir eru vegna stuðnings stjórnvalda. Samdrætti í losun er svo dreift á árin 2019-2030. Ef aðeins er horft til 2030 minnkar losun um tæpa milljón tonna CO₂.

** Tölur um núvirtan sparnað vegna minni losunar CO₂ miðast við líftíma bíla. Tölur um núvirtan sparnað árið 2019 taka því ekki aðeins til þess árs heldur alls tímans sem rafmagnsbílar keyptir 2019 endast, þ.e. 13 ára. Útreikningar á núvirði sparnaðar vegna minni losunar eru því flóknari fyrir þessa aðgerð en flestar aðrar og ekki augljóst af töflunni hvernig núvirðið fæst.

5.5 Aðgerð A.7 Bann við innflutningi bensínbíla

Stefnt er að því að banna að skrá nýja bensín- og dísilbíla árið 2030. Svo vill til að við gerum ráð fyrir að aðrar ráðstafanir hafi þá þegar orðið til þess að stöðva þennan innflutning. Ef sú spá er rétt hefur bannið engin áhrif. En ýmsa fyrirvara má setja við það. Í fyrsta lagi eru þarfir manna misjafnar. Líklegt er að sumir taki enn nýjan bensín- eða dísilbíl fram yfir rafmagnsbíl árið 2030, þrátt fyrir allt. Slíkir bílar kunna til dæmis að ráða betur við ferðir yfir erfiðar ár en rafmagnsbílar. Í öðru lagi kunna stjórnvöld að falla frá einhverjum af þeim stuðningi sem nú er veittur kaupendum rafmagnsbíla. Almennt má segja að ýmsir kostir fylgi því að leggja fremur gjald á bensín og olíu, sem nemur kostnaði við gróðurhúsaáhrif, en að banna allan innflutning. Innflutningsbann fækkar valkostum fólks. Gjald verður til þess að það lítur til kostnaðar af gróðurhúsaáhrifum í hegðun sinni, en það má enn kaupa bensín- eða dísilbíla. Ef sá kostur er tekinn af fólki dregur úr velferði.

6. Kaup ríkisins á vistvænum bifreiðum: A.10

Úr aðgerðaáætlun

A.10 Vistvænar ríkisbifreiðar

- Allir bílar ríkisins verði vistvænir og ríkið, stofnanir þess og fyrirtæki kaupi því, að meginreglu, ekki nýja bensín- og dísilbíla frá og með árinu 2020

Samantekt á aðgerð A.10 Vistvænar ríkisbifreiðar

Núvirtur ábati: 900 milljónir kr.

- Sparnaður vegna notkunar rafmagns umfram jarðefnaeldsneyti
- Sparnaður vegna viðhalds og viðgerða
- Minni losun CO₂

Núvirtur kostnaður: 1.200 milljónir kr.

- Hærra kaupverð rafbíla
- Bið eftir hleðslu

Nettó áhrif: - 300 milljónir kr.

Ríkið á bíla af öllum stærðum og gerðum. Áætlað er að bókfært virði ríkisbifreiða sé 1,8 milljarðar króna. Sennilega ver ríkið tæplega 300 milljónum króna á ári hverju til bílakaupa og jafngildir það 60 bílum ef miðað er við meðalkaupverð (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020).

6.1 Innkaupsverð

Borið var saman verð á þremur tegundum bíla sem ganga annars vegar fyrir bensíni eða dísil og hins vegar fyrir rafmagni (BL, á.á.; Citroën Ísland, á.á.; Kia á Íslandi, á.á.). Gert er ráð fyrir að þeir séu eins að öðru leyti. Rafbílar voru að meðaltali um 12% dýrari en bensínbílar sumarið 2021. Veittur er afsláttur af virðisaukaskatti af nýjum rafmagns- og tengiltvinnbílum.

Virðisaukaskattur er 24% af bensín- og dísilbílum, en afslátturinn nægir fyrir rafmagnsbíl sem kostar 6½ milljón króna. Að auki er vörugjald ekki lagt á nýja rafbíla, en það ræðst af þyngd bíls og útblæstri gróðurhúsalofttegunda. Vörugjald er allt að 65% af innkaupsverði bensínbíla. Að meðaltali er vörugjald fyrir sjö gerðir nýrra bensínbíla (2019 og 2020 árgerð) 16% og það leggst

ofan á innkaupsverð (Skatturinn, á.á.). Virðisaukaskatti (24%) og vörugjaldi (16%) var bætt við verð rafbíllanna þriggja sem við skoðuðum, svo að það yrði sambærilegt við verð bensín- og dísilbíla sem bera þessa skatta. Við það urðu rafmagnsbifreiðar að jafnaði 61,5% dýrari en sams konar bensín- og dísilbifreiðar. Allar tölur eru á verðlagi 2019, sem er grunnárið í þessari greiningu (Hagstofa Íslands, 2021b). Fram kemur í aðgerðaáætlun stjórnvalda að ríkisbifreiðar kosti 5 milljónir króna að meðaltali (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Á verðlagi 2019 eru þetta rúmlega 4,9 milljónir. Hér er gert ráð fyrir að þetta séu bensín- eða dísilbílar. Ef sambærileg gjöld eru lögð á sams konar rafmagnsbifreiðar kosta þær 61,5% meira, eða 7,9 milljónir króna.

6.2 Rekstrarkostnaður

Bensín kostaði að meðaltali 225 krónur á lítrann árið 2019 (GSM bensín, 2021) eftir að 9,1 króna kolefnisgjald hefur verið dregið frá til þess að tvítelja ekki samfélagskostnað af kolefni (Skatturinn, 2018). Eins og áður er miðað við verð á losunarheimildum á Evrópumarkaði og spá um hækkun þess. Gert er ráð fyrir að bensínverð fylgi spá Orkuspárnefndar um hækkun bensínverðs til ársins 2060 (Jón Ásgeir Haukdal Þorvaldsson, munnleg heimild, 27. maí 2021). Að meðaltali er bensínbíl ekið um 11.000 km á ári (Samgöngustofa, á.á.). Heimahleðslustöð með rafbíl kostar 160 þúsund krónur. Gert er ráð fyrir að bílar séu hlaðnir heima í sjö af hverjum tíu skiptum en annars á hraðhleðslustöðvum, þar sem um þrem sinnum dýrara er að hlaða þá. Reiknað er með að bifreiðar séu með 50 kWst rafhlöðu og komist 340 km á hleðslunni. Þá kosti 14,7 kr. á hverja 100 km að hlaða heima og 44,1 kr. á hraðhleðslustöð. Að jafnaði kostar rafmagnið þá 3,73 kr. á hvern kílómetra. Ígildi vörugjalds á bensín, sem var samtals 73 krónur á lítrann árið 2019, er lagt á rafmagnsverð. Ekki er gert ráð fyrir að rafmagnsverð breytist og ekki er reiknað með að skipta þurfi um rafhlöðu, því að hún á almennt að endast út líftíma bílsins (EDF energy, 2020). Einungis er gert ráð fyrir að biða þurfi eftir hleðslu á hraðhleðslustöðvum. Um 68 mínútur tekur að hlaða rafhlöðu með 340 kílómetra drægni á hraðhleðslustöð (Rafbílasambandið, á.á.). Ef hlaðið er í þrjú skipti af tíu á hraðhleðslustöð fara rúmlega 11 klukkustundir á ári í bið vegna hleðslu. Biðin kostar rúmar 22 þúsund krónur á ári ef miðað er við 50% álag á tímavirði í frítíma árið 2019, samanber umfjöllun um Borgarlínu, sem verður þá 2.000 krónur (Hagstofa Íslands, 2021c). Gert er ráð fyrir að rafbílum og bensínbílum sé ekið jafnmikið, þó að rafbílar séu líklega notaðir meira vegna þess að þar kostar hver kílómetri minna. Samkvæmt upplýsingum frá Félagi íslenskra bifreiðaeigenda kostar 162.000 kr. á ári að halda bensínbíl við (Félag íslenskra bifreiðaeigenda, 2019). Þriðjungi minna kostar að gera við rafbíla (AAA Association Communication, 2018) eða um 105.000 kr. á ári. Töluverðu munar á því hvað rafbílar og bensínbílar losa frá sér mikið af kolefni. Rafbílar losa mun minna í akstri en meira losnar þegar þeir eru búnir til. Alls fara 51 grömm af koltvísýringisígildum út í loftið á hvern ekinn kílómetra á æviskeiði rafbíls en um 253 grömm á kílómetra frá bensínbíl (Transport & environment, á.á.). Ekki er marktækur munur á hljóði frá bensínbíl og rafbíl (Kristinn og Krístrún, 2019; Marbjerg, 2013).

6.3 Niðurstöður

Að meðaltali kaupir ríkið 60 bifreiðar á ári. Því munu 660 ríkisbílar nýta aðra orkugjafa en bensín og dísil árið 2030. Núvirtur halli af kaupum ríkisins á 60 rafbílum á ári frá 2019 til 2030 er 330 milljónir króna, sjá töflu 13. Losun minnkar um 21 þúsund tonn af koltvísýringígildum á líftíma bílanna (13 árum) sem keyptir eru á árunum 2019-2030. Kostnaður á hvert tonn sem sparast á líftíma bíla sem keyptir eru 2030 eða fyrr nemur tæplega 24 þúsund kr. áður en áhrif loftslagsbreytinga eru metin til fjár. Í töflu 14, á næstu síðu, má sjá tölur um samdrátt í losun CO₂, ár fyrir ár, og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Reiknað mat á tjóni af koltvísýringstonni þarf að ríflega þrefaldast til þess að ábati verði af þessari aðgerð, að óbreyttri 5% ávöxtunarkröfu og öðrum forsendum sem miðað er við. Ef ekki er hreyft við mati á koltvísýringstonni þarf ávöxtunarkrafa að lækka úr 5% niður fyrir 2% til þess að aðgerðin verði hagkvæm.

Tafla 13. Niðurstöður fyrir aðgerð A.10. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til ársins 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður	Sparnaður CO ₂	Annar sparnaður	Samtals		
	Kaupverð	Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ *	Lægri rekstrarkostnaður rafbíla	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019	-227	12	73	-227	85	-142
2020	-201	14	75	-201	89	-112
2021	-178	15	77	-178	92	-86
2022	-158	17	79	-158	95	-63
2023	-140	18	80	-140	98	-42
2024	-125	19	82	-125	101	-24
2025	-112	21	83	-112	104	-8
2026	-100	22	84	-100	107	6
2027	-90	24	86	-90	110	19
2028	-82	25	87	-82	112	31
2029	-74	27	88	-74	115	41
2030	-68	29	89	-68	118	50
Núvirt með 5% vöxtum				-1.222	891	-332

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 14. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerðar A.10, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingarvexti. Núvirt til ársins 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)*	Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)**		
		2,5%	3%	5%
2019	1.738	12	12	12
2020	1.738	13	13	13
2021	1.738	15	14	14
2022	1.738	15	15	14
2023	1.738	16	16	15
2024	1.738	17	17	15
2025	1.738	18	17	15
2026	1.738	19	18	16
2027	1.738	20	19	16
2028	1.738	20	20	16
2029	1.738	21	20	17
2030	1.738	22	21	17
Samtals	20.853	209	203	181

* Tekið er mið af samdrætti í losun yfir æviskeið bíla sem ríkið kaupir. Samdrætti í losun er svo dreift á árin 2019-2030. Ef aðeins er horft til 2030 minnkar losun um tæplega 10 þúsund tonn CO₂.

** Tölur um núvirtan sparnað vegna minni losunar CO₂ miðast við líftíma bíla. Tölur um núvirtan sparnað árið 2019 taka því ekki aðeins til þess árs heldur alls tímans sem rafmagnsbílar keyptir 2019 endast, þ.e. 13 ára. Þess vegna eru útreikningar á núvirði sparnaðar vegna minni losunar flóknari fyrir þessa aðgerð en flestar aðrar og ekki augljóst af töflunni hvernig núvirðið fæst.

7. Rafvæðing hafna: B.2

Úr aðgerðaáætlun

B.2 Rafvæðing hafna

- Unnið er að rafvæðingu hafna víðsvegar um landið og stefnt að því að rafmagn, sem nægi fyrir allri almennri starfsemi skipa í höfnum, verði aðgengilegt fyrir árið 2025
- Árið 2020 voru auglýstir styrkir til þess að leiða rafmagn í skip og spara þannig jarðefnaeldsneyti. Breytingin nýtist meðalstórum skipum, stórum togurum, ferjum og þjónustuskipum.

Samantekt á aðgerð B.2 Rafvæðing hafna

Núvirtur ábati: 39 milljarðar kr.

- Minni losun CO₂
- Minni notkun olíu

Núvirtur kostnaður: 7 milljarðar kr.

- Endabúnaður
- Rekstrarkostnaður endabúnaðar
- Heimtaug
- Rafmagn

Nettó áhrif: 32 milljarðar kr.

Í Aðgerðaáætlun stjórnvalda er stefnt að því að skip hafi aðgang að rafmagn í íslenskum höfnum árið 2025 (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020), en starfshópur um rafvæðingu Faxaflóahafna gerir ráð fyrir að þar verði verkinu að mestu lokið um mitt ár 2023 og að því ljúki alveg árið 2025 (Reykjavíkurborg, 2020; Jónas Hlynur Hallgrímsson og Kjartan Gíslason, 2019). Til einföldunar er hér gert ráð fyrir að árið 2024 verði hægt að tengja skip við rafmagn í landi í Faxaflóahöfnum og er stofnkostnaður miðaður við það ár. Ábati af tengingunni umfram kostnað er 32 milljarðar króna á núvirði 2019, sjá töflu 15 á næstu blaðsíðu. Með aðgerðinni dregur úr losun koltvísýrings um tæplega 870 þúsund tonn á árunum 2019 til 2064 (Reykjavíkurborg, 2020). Umframábatí á hvert tonn koltvísýrings er því um 26 þúsund krónur. Ávinningur er með öðrum orðum meiri en kostnaður – áður en áhrif af losun kolefnis eru metin til fjár. Ávinningurinn stafar aðallega af því að olía sparast af því að ekki þarf lengur að keyra ljósavélar í

skipum í höfn. Í töflu 16, á næstu síðu, má svo sjá tölur um samdrátt í losun CO₂, ár fyrir ár, og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Ávöxtunarkrafa þyrfti að fara upp í 61% til þess að ábati af aðgerðinni þurrkaðist út. Að óbreyttum 5% vöxtum yrði afgangur af aðgerðinni þó að verðmat á koltvísýringi færi niður í núll.

Niðurstöðurnar eru settar fram með þeim fyrirvara að flutnings- og dreifikerfi ráði við að flytja það rafmagn sem þarf. Mjög er misjafnt hve mikið er af skipum í höfn. Ekki er víst að það borgi sig að leggja nýjar raflínur sem aðeins eru notaðar annað slagið.

Tafla 15. Niðurstöður fyrir aðgerð B.2. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvintar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður				Sparnaður CO ₂	Annar sparnaður	Samtals		
	Endabúnaður	Endabúnaður (rekstrar-kostnaður)	Heimtaug*	Rafmagn	Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ **	Minni notkun olíu	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019									
2020									
2021									
2022									
2023									
2024	-3.479	-104	-722	-0,1	200	1.379	-4.305	1.580	-2.726
2025		-104		-0,1	224	1.454	-104	1.678	1.574
2026		-104		-0,1	242	1.537	-104	1.779	1.675
2027		-104		-0,1	266	1.619	-104	1.885	1.780
2028		-104		-0,1	284	1.701	-104	1.986	1.881
2029		-104		-0,1	308	1.784	-104	2.091	1.987
2030		-104		-0,1	326	1.866	-104	2.192	2.088
2031-2064		-1.690	-1.966	-2,0	11.697	30.217	-3.658	41.914	38.256
Núvirt með 5% vöxtum							-7.082	39.158	32.076

* Heimtaugin endist skemur en endabúnaður en hana þarf að endurnýja á um 12 ára fresti. Því er kostnaður af endurnýjun heimtaugar tekinn með í útreikninga eftir 2030 og fram til 2064.

** Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 16. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerðar B.2 , magn og virði m. v. mismunandi núvirðingartexti. Núvirt til ársins 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019		3.004	3.004	3.004			
2020		3.978	3.958	3.883			
2021		6.020	5.962	5.737			
2022		9.112	8.980	8.477			
2023		7.762	7.613	7.049			
2024	21.217	8.350	8.149	7.402	177	173	157
2025	21.217	9.093	8.831	7.869	193	187	167
2026	21.217	9.611	9.289	8.119	204	197	172
2027	21.217	10.277	9.885	8.475	218	210	180
2028	21.217	10.731	10.271	8.638	228	218	183
2029	21.217	11.327	10.789	8.901	240	229	189
2030	21.217	11.720	11.109	8.991	249	236	191
2031-2064	721.378				14.091	11.998	6.514
Samtals 2019-2064					15.600	13.448	7.753

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

8. Bann við notkun svartolíu: B.3

Úr aðgerðaáætlun

B.3 Bann við notkun svartolíu

- Hertar kröfur um brennisteinsinnihald eldsneytis sem notað er í íslenskri landhelgi
- Tilgangurinn er að draga úr notkun svartolíu

Samantekt á aðgerð B.3 Bann við notkun svartolíu

Núvirtur ábati: ekki metinn

Núvirtur kostnaður: ekki metinn

Nettó áhrif: lítil sem engin

Í júní 2019 herti umhverfisráðherra reglur um svartolíu í íslenskri landhelgi. Lagt er bann við að brennisteinn í fljótandi skipaeldsneyti sé meiri en 0,1%, en áður voru mörkin 3,5% (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2019). Svartolía hefur mun hærra brennisteinsgildi en önnur olía og því er erfitt að nota hana eftir að reglugerðin var sett. Árið 2019 voru 51.000 tonn af svartolíu brennd hér á landi (Orkustofnun, 2020) en nú er gert ráð fyrir að hætt verði með öllu að nota hana (Orkuspárnefnd, 2021b, tafla V1.6). Líklegt er að flest skip færi sig yfir í dísil- eða skipagasolíu, að minnsta kosti fyrst í stað. Þó að dísilolía og gasolía séu með minna brennisteinsgildi losnar álíka mikið af koltvísýringsígildum frá þessum tegundum olíu og þegar svartolía er brennd, eða um það bil 3,2 kg á hvert olíukíló. Til samanburðar losnar nálægt 3,1 kg af kolefni á hvert kíló af svartolíu (Acomi og Acomi, 2014). Svartolía losar með öðrum orðum um það bil 0,1 kg minna af koltvísýringsígildum á hvert kíló en önnur olía. Þegar svartolía brennur myndast hins vegar sótagnir sem geta flýtt fyrir bráðnun jökla og íss. Með aðgerðinni dregur því úr losun skaðlegrar loftmengunar.

Þar sem bann við notkun svartolíu hefur lítil áhrif á kolefnislosun og beinn loftslagsávinningur af banninu er ekki mikill hefur það lítið upp á sig að meta kostnað og ábata af aðgerðinni.

9. Orkuskipti í ferjum: B.4

Úr aðgerðaáætlun

B.4 Orkuskipti í ferjum

- Orkuskipti í ferjum sem eru í reglubundnum rekstri á leiðum sem skilgreindar eru sem hluti af þjóðvegakerfi

Samantekt á aðgerð B.4 Orkuskipti í ferjum

Núvirtur ábati: 8 milljarðar kr.

- Minni losun CO₂
- Minni notkun olíu

Núvirtur kostnaður: 1 milljarður kr.

- Rafvæðing
- Rafmagn

Nettó áhrif: 7 milljarðar kr.

Aðgerðin snýr að því að ferjur sem eru hluti af þjóðvegakerfinu gangi ekki aðeins fyrir jarðefnaeldsneyti. Ferjurnar eru fimm. Ein gengur nú þegar að hluta fyrir rafmagn, en það er Vestmannaeyjaferjan Herjólfur. Stefnt er að því að byrja að hanna nýja Hríseyjarferju seint á árinu 2024, en hún á að ganga fyrir rafmagn. Óvíst er hvenær hún kemst á flot, en fimm ár liðu frá því að byrjað var að hanna nýjan Herjólf 2014 þar til hann hóf siglingar (Herjólfur.is, á.á.). Með sama hraða hefur nýr Sævar ferðir til Hríseyjar í lok árs 2029. Ekki hefur verið hugað að orkuskiptum í hinum ferjunum þremur, Grímseyjarferjunni Sæfara, Mjóafjarðarferju og Breiðafjarðarferjunni Baldri og því er ekki fjallað um þær hér.

9.1 Sparaður rekstrarkostnaður

Nýr Herjólfur, sem var tekinn í notkun um mitt ár 2019, er tvinnskip. Hann gengur með öðrum orðum bæði fyrir rafmagn og olíu. Drægnin á rafmagninu er u.þ.b. 40 mínútur, sem þýðir að skipið kemst að jafnaði alla leið milli Landeyjahafnar og Eyja á rafmagn. Að auki ristir nýr Herjólfur grynna en sá gamli og er því betur búinn undir aðstæður í Landeyjahöfn, sérstaklega þegar veður er vont. Gamli Herjólfur gekk einungis fyrir olíu og hann eyddi um 55.000 lítrum af

olíu á viku. Nýr Herjólfur brennir 35.000 lítrum af olíu á viku ef hann gengur einungis á henni, en með rafmagnsvélinni kemst hann að jafnaði af með um 2.500 lítra (Hörður Orri Grettisson, munnleg heimild, 11. maí 2021). Því sparast 32.500 lítrar af olíu á viku, eða 1.418 tonn á ári. Miðað við losunarstuðla⁶ sem almennt eru notaðir losna 3,2 tonn af koltvísýringsígildum við hvert tonn af olíu sem hann notar (Gómez og Watterson, 2007; Rafn Helgason munnleg heimild, 16. apríl 2021). Því losna ríflega 4.500 færri koltvísýringsígildistonn á ári frá nýju skipi en gömlu, eða jafngildi 18-70 milljóna króna á ári frá 2019-2030 miðað við verð á markaði Evrópusambandsins með losunarheimildir (Ember, 2021) og spá um það á komandi árum.

Orka úr olíu er þó nokkru dýrari en úr rafmagni. Miðað er við að lítri af skipaolíu kosti 147 krónur árið 2020. Þá er búið að draga frá kolefnisgjald, sem var 11,4 krónur árið 2019, svo að kostnaður af kolefni sé ekki tvítalinn (Lög um umhverfis- og auðlindaskatta; Skeljungur, 2019). Gert er ráð fyrir að olíuverð breytist í samræmi við spá Orkuspánefndar (Jón Ásgeir Haukdal Þorvaldsson, munnleg heimild, 27. maí 2021). Ef Herjólfur gengi einungis fyrir olíu mundi það kosta 248 milljónir fyrsta árið og síðan þeim mun meira eftir því sem olíuverð hækkar. Þar sparast allt frá rúmum 240 milljónum króna á ári upp í tæpar 400 milljónir miðað við áætlaða olíunotkun og verðhækkun á olíu. Rafmagnið kostar hins vegar um 33 milljónir á ári miðað við 7,8 krónur á kWh og 4.200.000 kWh á ári (Hörður Orri Grettisson, munnleg heimild, 11. maí 2021). Auk þess heyrst minna í ferjum þegar þær eru knúnar rafmagni en þegar þær ganga fyrir olíu. Að því leyti er siglingin þægilegri, en það er ekki metið til fjár hér. Núvirtur ábati af því að láta Herjólf ganga fyrir rafmagni er 3,7 milljarðar króna umfram kostnað, sjá töflu 17 á bls. 49. Gert er ráð fyrir að skipið endist í 20 ár.

Stuðst var við reynsluna af Herjólfvi þegar lagt var mat á kostnað og ávinning af því að láta nýjan Sævar ganga fyrir rafmagni. Herjólfur og Sævar eru í sama losunarflokki, en sá munur er á að Sævar mun aðeins ganga fyrir rafmagni. Gert er ráð fyrir að Sævar fari 9 ferðir hvora leið á dag og að hver ferð taki 20 mínútur. Til samanburðar fer Herjólfur að meðaltali 7 ferðir hvora leið á sumrin en 6 á veturna og tekur ferðin 35 mínútur. Að meðaltali siglir Herjólfur því 22% lengur á dag. Í Aðgerðaáætlun stjórnvalda er ekki gert ráð fyrir að dýrara verði að setja rafmagnsvélar og rafhlöður í Sævar en dísilvél. Eini kostnaðurinn er því rafmagnið, sem er mun ódýrara en olían. Sömu forsendur eru um verð á rafmagni, olíu og losunarheimildum og þegar kostnaður við Herjólf er gerður upp. Niðurstaðan er að ábati af að láta Sævar ganga fyrir rafmagni sé rúmlega 3,1 milljarður króna umfram kostnað, sjá töflu 17 á bls. 50, miðað við að skipið endist í 20 ár.

⁶ Samkvæmt vef milliríkjanefndar Sameinuðu þjóðanna (IPCC)

9.2 Niðurstöður

Samtals er núvirtur ábati af því að láta Herjólf og Sævar ganga fyrir rafmagni að hluta til eða að öllu leyti um 7 milljarðar króna umfram kostnað, sjá töflu 17 á bls. 50. Þá sparast á ári tæplega 4.500 tonn af koltvísýringsígildum á árunum 2020 til 2029 og rúm 8.500 tonn árið 2030, en það ár hefjast siglingar með Sævari. Í heildina sparast um 175 þúsund tonn á árunum 2020 til 2049. Ábati umfram kostnað er um 30 þúsund krónur á hvert tonn af koltvísýringsígildum sem sparast og er það áður en áhrif af losun kolefnis eru metin til fjár. Í töflu 18 á bls. 51 má sjá tölur um samdrátt í losun CO₂, ár fyrir ár, og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Ávöxtunarkrafa þyrfti að hækka í 37% til þess að þessi aðgerð yrði óhagkvæm. Að 5% ávöxtunarkröfu og öðrum forsendum óbreyttum yrði fjárfestingin enn hagkvæm þótt kolefnisverð færi í núll.

Tafla 17. Niðurstöður fyrir aðgerð B.4. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður				Sparnaður CO ₂		Annar sparnaður		Samtals							
	Rafvæðing		Rafmagn		Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ *		Minni notkun olíu**		Kostnaður		Ábati		Nettó áhrif			
	Herjólfr.	Sævar	Herjólfr.	Sævar	Herjólfr.	Sævar	Herjólfr.	Sævar	Herjólfr.	Sævar	Herjólfr.	Sævar	Herjólfr.	Sævar	Herjólfr. + Sævar	
2019	-800								-800					-800		-800
2020			-33		18		248		-33		266		233		233	
2021			-33		29		248		-33		277		243		243	
2022			-33		44		263		-33		307		274		274	
2023			-33		39		278		-33		317		284		284	
2024			-33		43		294		-33		336		303		303	
2025			-33		48		310		-33		357		324		324	
2026			-33		52		327		-33		379		346		346	
2027			-33		57		345		-33		401		368		368	
2028			-33		61		362		-33		423		389		389	
2029			-33		65		380		-33		445		412		412	
2030			-33	-29	69	62	397	352	-33	-29	467	413	433	384	818	
Samanlagt 2031-2049			-331	-558	1.052	2.259	3.971	6.687	-331	-558	5.023	8.946	4.692	8.388	13.080	
Núvirt með 5% vöxtum									-1.166	-214	4.929	3.343	3.763	3.129	6.892	

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

** Olíuverð ársins 2030 er notað í útreikningum fyrir virði minni olíunotkunar á árunum 2031 til 2049.

Tafla 18. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerðar B.4 (samanlögð áhrif af rafvæðingu Herjólfss og Sævars), magn og virði m. v. mismunandi núvirðingartíðni. Núvirt til ársins 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019		3.004	3.004	3.004			
2020	4.515	3.978	3.958	3.883	18	18	18
2021	4.515	6.020	5.962	5.737	27	27	26
2022	4.515	9.112	8.980	8.477	41	41	38
2023	4.515	7.762	7.613	7.049	35	34	32
2024	4.515	8.350	8.149	7.402	38	37	33
2025	4.515	9.093	8.831	7.869	41	40	36
2026	4.515	9.611	9.289	8.119	43	42	37
2027	4.515	10.277	9.885	8.475	46	45	38
2028	4.515	10.731	10.271	8.638	48	46	39
2029	4.515	11.327	10.789	8.901	51	49	40
2030	8.517	11.720	11.109	8.991	100	95	77
Samanlagt 2031-2049	121.181				1.953	1.764	1.186
Samtals 2019-2049	174.852				2.442	2.236	1.599

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

10. Orkuskipti í skipum á vegum ríkisins: B.5

Úr aðgerðaáætlun

B.5 Orkuskipti í skipum á vegum ríkisins

- Athugað verður hvort unnt er að breyta varðskipinu Þór í tvinnskip sem gengur að hluta fyrir rafmagni
- Smíðað verður nýtt hafrannsóknaskip sem á að ganga fyrir eins lítilli olíu og unnt er, auk þess sem hægt verður að nýta skaðaminna eldsneyti
- Áætlun verður gerð um orkuskipti í öðrum skipum ríkisins

Samantekt á aðgerð B.5 Orkuskipti í skipum á vegum ríkisins

Núvirtur ábati: ekki metinn

Núvirtur kostnaður: ekki metinn

Nettó áhrif: óljós

Um það bil 1.900 tonn af koltvísýringsígildum losna ár hvert vegna siglinga Þórs (Hekla Jósepsdóttir, munnleg heimild 11. júní 2021). Samkvæmt upplýsingum um orkuskipti skipa sem norsk ráðgjafarstofa um sjóflutninga, DNV, hefur tekið saman, má spara 15% til 30% af eldsneyti með því að láta skip í ríkiseigu ganga fyrir rafmagni (European Maritime Safety Agency, 2020). Fjárfestingin borgar sig á fjórum til fimm árum. Ef niðurstaðan verður sú að 20% minna kolefni losni frá Þór má spara um 380 tonn af koltvísýringsígildum á ári. Varðskipinu Tý hefur verið lagt. Nýtt varðskip, Freyja, kemur í staðinn og mengar minna. Um 800 tonn af kolefnisígildum losnuðu á ári frá Tý.

Lögð hafa verið drög að nýju hafrannsóknaskipi, en kolefnissparnaður af því er óviss þar sem ekki er ljóst hvort eldri skipum Hafrannsóknastofnunar verður lagt þegar nýja skipið kemur. Þá er ekki búið að ákveða hvernig öðrum skipum verður breytt. Áhrif af orkuskiptum þar eru því óljós.

11. Föngun kolefnis frá jarðvarmavirkjunum C.1

Úr aðgerðaáætlun

C.1 Föngun kolefnis frá jarðvarmavirkjunum

- Samráð við orkufyrirtæki um verkefnið Carbfix sem felst í niðurdælingu koltvísýrings í berg
- Árið 2030 verði 108 þúsund tonn af CO₂-ígildum bundin í stein í jarðgufuvirkjunum með nýrri tækni

Samantekt á aðgerð C.1 Föngun kolefnis frá jarðvarmavirkjunum

Núvirtur ábati: 9 milljarðar kr.

- Minni losun CO₂

Núvirtur kostnaður: 2 milljarðar kr.

- Binding CO₂ úr jarðgufu

Nettó áhrif: 6 milljarðar kr.

Árið 2019 losnuðu 166 þúsund tonn af kolefnisígildum frá jarðhitavirkjunum, um 40% meira en 2005 og nálægt 6% af þeirri losun sem Íslendingar bera beina ábyrgð á.

Orkuveita Reykjavíkur stofnaði árið 2007 fyrirtækið Carbfix á grunni rannsóknarverkefnis sem unnið var í samvinnu við Háskóla Íslands, CNRS í Frakklandi og Columbíuháskóla. Verkefnið snýst um að setja koltvísýring í samband við blágrýti og koma þannig í veg fyrir að hann berist út í andrúmsloftið. Samkvæmt upplýsingum frá fyrirtækinu kostar um 25 Bandaríkjadali að binda tonn af koltvísýringi úr jarðgufu í lofthreinsistöð fyrirtækisins á Hellisheiði. Koltvísýringur sé mjög þéttur í jarðgufu og því kosti ekki mikið að binda hann þar. Á Hellisheiði er koltvísýringur líka fangaður beint úr andrúmsloftinu í samstarfi Carbfix og Climeworks, svissnesks fyrirtækis. Það er miklu dýrara. Þá hyggst Carbfix stofna móttökustöð í Straumsvík, þar sem hugmyndin er að binda koltvísýring sem fluttur verður inn. Seinna kæmi til greina að binda koltvísýring frá álverinu en tækni leyfir það ekki sem stendur.

Forstjóri Carbfix segir að hægt verði að dæla niður milljarði tonna af CO₂ á næsta áratug eða svo. Fleiri fyrirtæki komi að því verki, en hugmyndin sé að veita öllum aðgang að tækninni, sem sýni því áhuga (Edda Pind Aradóttir, munnleg heimild 28. apríl 2021). Umhverfissráðuneytið gerir ráð

fyrir því að árið 2030 verði 108 þúsund tonn af koltvísýringsígildum bundin með þessari aðferð. Þetta eru um 65% af kolefni sem losnaði í jarðhitavirkjunum á Íslandi árið 2019. Líklegt er að meiri jarðhiti verði virkjaður á komandi árum og yrði hlutfallið því þeim mun minna af útblæstri ársins 2030. Draga má koltvísýring sem fangaður er á þennan hátt frá útblæstri sem Íslendingar bera ábyrgð á gagnvart Parísarsamkomulaginu.

Ekki kemur fram í upplýsingum frá fyrirtækinu hvað gert er ráð fyrir að mikið þurfi að fjárfesta í búnaði í verkefninu. Umfjöllunin er því ekki alveg sambærileg við það sem sagt er um aðrar aðgerðir sem teknar eru fyrir í skýrslunni.

Verð á losunarheimildum í viðskiptakerfi Evrópusambandsins hefur hækkað mikið undanfarin ár og það var nærri 60 evrum á tonnið í byrjun mars 2021. Ef verðið endurspeglar mat á tjóni af útblæstrinum og aðeins kostar 25 Bandaríkjadali, eða rúmar 20 evrur, að binda kolefnistonnið (á gengi seint í maí 2021) borgar sig líkast til að binda meira með þessari aðferð en gert er ráð fyrir í aðgerðaáætlun stjórnvalda. Eins og fram hefur komið í fyrri köflum má búast við að verð á losunarheimildum hækki á komandi árum. Hér er gert ráð fyrir að árið 2030 megi binda sem nemur 90% þess magns af kolefni sem losnaði frá jarðhitavirkjunum árið 2019, eða um 150 þúsund tonn. Alls verða bundin um 950 þúsund tonn frá 2021 til 2030 ef gert er ráð fyrir að vel gangi að beita aðferðinni í jarðgufuvirkjunum næstu árin. Núvirði aðgerðarinnar er ríflega 6 milljarðar króna á árunum til 2030, sjá töflu 19 á næstu blaðsíðu. Kostnaður umfram ábata er í kringum 2.500 kr. á hvert tonn, áður en loftslagsáhrifin eru verðlögð. Í töflu 20, á næstu síðu, má sjá tölur um samdrátt í losun CO₂, ár fyrir ár, og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Verðmat á tonni koltvísýringsígildis þarf að lækka um 73% frá því sem hér er gert ráð fyrir til þess að ábati af aðgerðinni þurrkist út. Sem fyrr segir liggja ekki fyrir upplýsingar um kostnað við búnað, sem nýta þarf í verkefninu. Þess vegna er ekki lagt mat á það hvað ávöxtunarkrafa þarf að vera há til þess að verkefnið komi út á sléttu.

Tafla 19. Niðurstöður fyrir aðgerð C.1. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður	Sparnaður CO ₂	Samtals		
	Kostnaður við bindingu CO ₂	Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ *	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019					
2020					
2021	-65	127	-65	127	61
2022	-130	393	-130	393	262
2023	-196	514	-196	514	318
2024	-261	756	-261	756	495
2025	-326	1.055	-326	1.055	729
2026	-359	1.257	-359	1.257	898
2027	-391	1.503	-391	1.503	1.111
2028	-424	1.742	-424	1.742	1.318
2029	-456	2.030	-456	2.030	1.573
2030	-489	2.307	-489	2.307	1.818
Núvirt með 5% vöxtum			-2.358	8.692	6.333

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 20. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerðar C.1, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingarvexti. Núvirt til ársins 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019		3.004	3.004	3.004			
2020		3.978	3.958	3.883			
2021	20.000	6.020	5.962	5.737	120	119	115
2022	40.000	9.112	8.980	8.477	364	359	339
2023	60.000	7.762	7.613	7.049	466	457	423
2024	80.000	8.350	8.149	7.402	668	652	592
2025	100.000	9.093	8.831	7.869	909	883	787
2026	110.000	9.611	9.289	8.119	1.057	1.022	893
2027	120.000	10.277	9.885	8.475	1.233	1.186	1.017
2028	130.000	10.731	10.271	8.638	1.395	1.335	1.123
2029	140.000	11.327	10.789	8.901	1.586	1.510	1.246
2030	150.000	11.720	11.109	8.991	1.758	1.666	1.349
Samtals	950.000				9.557	9.190	7.884

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

12. Rafvæðing fiskimjölsverksmiðja: C.2

Úr aðgerðaáætlun

C.2 Rafvæðing fiskimjölsverksmiðja

- Í samvinnu við framleiðendur og orkufyrirtæki er stefnt að því að ljúka rafvæðingu fiskimjölsverksmiðja og sjá til þess að sú þróun sem þegar hefur orðið haldi áfram
- Unnið verður að því að tryggja orkuafhendingu til staða þar sem fiskimjölsverksmiðjur eru

Samantekt á aðgerð C.2 Rafvæðing fiskimjölsverksmiðja

Núvirtur ábati: 1.400 milljónir kr.

- Minni losun CO₂

Núvirtur kostnaður: 500 milljónir kr.

- Stofnkostnaður rafvæðingar verksmiðju

Nettó áhrif: 900 milljónir kr.

Flestar fiskimjölsverksmiðjur ganga nú fyrir rafmagni. Í aðgerðaáætlun er stefnt að því að ljúka rafvæðingu þeirra. Stefnt er að því að árið 2030 losni af þeim sökum um 9 þúsund tonn um minna af koltvísýringsígildum en ella.

12.1 Olíunotkun og skerðanlegt rafmagn

Árið 2005 losnuðu tæp 85 þúsund tonn af koltvísýringsígildum frá fiskimjölsverksmiðjum, eða um 2,5% af losun sem Íslendingar báru beina ábyrgð á (sjá töflu 21 á næstu blaðsíðu). Þá var olía um 70% þeirrar orku sem verksmiðjurnar notuðu, en árið 2020 var hlutfallið komið í rúm 15% (Jóhann Pétur Andersen, munnleg heimild 29. maí 2021). Árið 2018 losnuðu 22 þúsund koltvísýringsígildistonn í fiskimjölsverksmiðjum en 8 þúsund 2019. Enn ganga nokkrar verksmiðjur fyrir olíu. Ein verksmiðja í Vestmannaeyjum gengur að öllu leyti fyrir olíu og önnur að hluta. Verksmiðja á Akranesi gengur að hluta fyrir olíu og það gildir líka um verksmiðju á Seyðisfirði, en verksmiðja á Þórshöfn er eingöngu rekin á olíu (Jón Már Jónsson, Síldarvinnslunni, munnleg heimild 20. ágúst 2021; Síldarvinnslan, 2020). Sums staðar er starfsemin svo lítil að varla tekur því að breyta rekstrinum. Verksmiðjan á Akranesi er lítið nýtt (Jóhann Pétur Andersen, munnleg heimild 29. maí 2021). Stærstu fiskimjölsverksmiðjur eru í gangi mest allt árið. Það á til dæmis við um verksmiðjurnar á Vopnafirði og Norðfirði. Aðrar

ganga skemur. Rafmagnsnotkun sveiflast mikið og rafmagnið er ótryggt eða skerðanlegt, en það þýðir að Landsvirkjun og Landsnet geta skert strauminn ef ekki er nóg rafmagn til eða ef flutningslínur ráða ekki við álagið. Þess vegna er olíuketill hafður til taks í verksmiðjum sem alla jafna ganga fyrir rafmagni. Ótryggt rafmagn er selt með afslætti og ekki verða lagðar nýjar línur sérstaklega fyrir það (Gnýr Guðmundsson og Magni Pálsson, starfsmenn Landsnets, munnleg heimild 10. maí 2021). En reyna má að nýta þær línur betur sem fyrir eru. Landsnet hefur nýtt sjálfvirka stýringu til þess að koma rafmagni til fiskimjölsverksmiðja án þess að flutningskerfið hrynji og straumurinn detti út (Landsnet, 2017). En sums staðar dugar þetta ekki til. Raflínur til Þórshafnar geta ekki flutt rafmagn sem duga myndi til þess að láta fiskimjölsverksmiðjuna þar ganga fyrir rafmagni.

Tafla 21. Olíunotkun og kolefnisáhrif fiskimjölsverksmiðja.

Ár	Olía (þúsund tonn)	CO ₂ (tonn)
2005	28,4	88.290
2006	20,8	64.663
2007	25,7	79.896
2008	20,0	62.176
2009	14,4	44.767
2010	13,0	40.414
2011	13,9	43.212
2012	17,1	53.160
2013	11,8	36.684
2014	5,3	16.477
2015	10,6	32.953
2016	9,4	29.223
2017	7,3	22.694
2018	7,1	22.072
2019	2,7	8.394

Heimild: Radarinn (á. á.) og eigin útreikningar.

Á miðjum tíunda áratug fyrri aldar fóru íslenskar fiskimjölsverksmiðjur að nýta rafmagn til bræðslu. Breytingin fór rólega af stað en á árunum 2011 til 2013 hrapaði hlutur olíu úr nálægt 55% af orku til verksmiðjanna í um 25% (Jóhann Pétur Andersen, munnleg heimild 29. maí 2021). Með tilskipun Evrópuráðsins árið 2003 voru fiskimjölsverksmiðjur sem brenndu olíu settar undir viðskiptakerfi Evrópusambandsins með losunarheimildir (Þingskjal 1189, 2011-2012). Ein verksmiðja hefur til skamms tíma tekið þátt í viðskiptakerfinu, en aðrar greiða losunargjald sem miðað er við meðalverð losunarheimilda á Evrópsku efnahagssvæði (Þingskjal 1229, 2019-2020). Við þessa breytingu varð dýrara að bræða fisk með olíu. Þegar gengi krónunnar féll árið 2008 hækkaði verð á olíu líka, eins og á öðrum innflutningi. Samkvæmt upplýsingum frá Félagi íslenskra fiskmjölsframleiðenda var orka miklu ódýrari frá rafmagni en olíu á næstu árum. En árin 2014 og 2015 hrundi olíuverð á heimsmarkaði og á sama tíma tók raungengi krónunnar að styrkjast. Þar fyrir utan hækkaði rafmagnsverð til fiskimjölsverksmiðja

um 30% umfram almennt neysluverð á þessum tíma, samkvæmt tölum frá verksmiðjunum. Verð á skerðanlegu rafmagni frá framleiðendum hækkaði nokkuð, en flutningskostnaður meira. Félag fiskmjölsframleiðenda telur að nokkur undanfarin ár hafi orka frá olíu verið ódýrari en rafmagn. Framleiðendurnir nota samt allt það rafmagn sem er í boði, bæði af því að auðveldara er að stýra vinnslunni þannig og vegna umhverfissjónarmiða. Rafbræðslu fylgir hvorki lykt né óþrif (Jón Már Jónsson, Ingólfur Steingrímsson og Jóhann Pétur Andersen, munnleg heimild 2. júní 2021). Margt mælir því með því að nýta rafmagnið þar sem það er hægt. Félag íslenskra fiskmjölsframleiðenda og fyrirtæki á rafmagnsmarkaði hafa saman lýst yfir áhuga á að stuðlað verði að því að verksmiðjurnar styðjist meira við rafmagn. Árið 2017 undirrituðu fulltrúar félagsins viljayfirlýsingu með Landsvirkjun um þetta efni og árið 2020 var yfirlýsingin endurnýjuð með þeirri viðbót að Landsvirkjun vinni eins og hægt er að því að auka framboð á skerðanlegri orku. En ef mat fiskmjölsframleiðenda er rétt, þá borgar sig ekki fjárhagslega fyrir þá að setja upp rafmagnskerfi fyrir bræðslu um þessar mundir.

Á nýliðnum vetri dró Landsvirkjun um tíma úr framboði á skerðanlegu rafmagni vegna óvenjulélegs vatnsárs. Þetta er í samræmi við orðanna hljóðan: Skerðanlegt rafmagn má skerða og þess vegna er það selt við lægra verði en annað rafmagn. Fiskur er aðeins bræddur lítinn hluta úr ári og ekki borgar sig að virkja sérstaklega fyrir þá notkun.

12.2 Niðurstöður

Hér er stuðst við það mat Orku náttúrunnar frá árinu 2019 að um 500 milljónir króna kosti að breyta verksmiðju Ísfélagsins í Vestmannaeyjum svo að hún gangi fyrir rafmagni (Berglind Rán Ólafsdóttir, 2019). Litið er á þetta sem stofnkostnað við að láta dæmigerða fiskimjölsverksmiðju ganga fyrir rafmagni. Ekki er verið að reisa nýja verksmiðju, það er miklu dýrara. Gert er ráð fyrir að á komandi árum verði orka úr olíu og rafmagni álíka dýr. Það þýðir að stofnkostnaður við að skipta úr olíu í rafmagn er tapað fé fyrir fiskimjölsverksmiðjurnar. Samdráttur í losun nemur rúmlega 5 þúsund koltvísýringstonnum á ári. Á árunum 2020 til 2049 dregur aðgerðin úr losun um 153 þúsund tonn. Á sama tímabili er kostnaður umfram ábata á hvert koltvísýringsígildistonn sem sparast um 3.100 kr. áður en áhrif af losun kolefnis eru metin til fjár. En virði losunarheimilda er hærra og því er þjóðhagslegur núvirtur ábati af aðgerðinni tæpur milljarður, sjá töflu 22 á næstu síðu. Aðeins er horft á áhrif þess að breyta einni verksmiðju, en um þessar mundir er erfitt að breyta fleiri fiskimjölsverksmiðjum sem eitthvað munar um. Í töflu 23, á næstu síðu, má sjá tölur um samdrátt í losun CO₂, ár fyrir ár, og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Ef verðmat á kolefnistonni lækkar um 66% þurrkast þjóðhagslegur ábati af aðgerðinni út. En ef verðmat á losun helst óbreytt og aðrar forsendur breytast ekki má ávöxtunarkrafan fara yfir rúmlega 14% áður en tap yrði af aðgerðinni.

Tafla 22. Niðurstöður fyrir aðgerð C.2. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til 2019 í neðstu röð töflunnar.*

Ár	Kostnaður		Samtals		
	Stofnkostnaður rafvinnslu	Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ **	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019					
2020	-500	21	-500	21	-479
2021		32		32	32
2022		50		50	50
2023		44		44	44
2024		48		48	48
2025		54		54	54
2026		58		58	58
2027		64		64	64
2028		68		68	68
2029		74		74	74
2030		78		78	78
Samanlagt 2031-2049		2.872		2.872	2.872
Núvirt með 5% vöxtum			-476	1.351	875

* Miðað við meðallöndun 2012-2019, tæp 50 þús. tonn af afla á ári. Tonn af dísil sem sparast á ári 1.657. Kolefnisgjald, 11,75 á lítra. Verð á tonni CO₂ á ETS markaði undanfarin ár og hækkun samkvæmt spá. 5% ávöxtunarkrafa, 30 ára ending fjárfestingar.

** Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 23. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerðar C.2, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingervexti. Núvirt til 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019		3.004	3.004	3.004			
2020	5.087	3.978	3.958	3.883	20	20	20
2021	5.087	6.020	5.962	5.737	31	30	29
2022	5.087	9.112	8.980	8.477	46	46	43
2023	5.087	7.762	7.613	7.049	39	39	36
2024	5.087	8.350	8.149	7.402	42	41	38
2025	5.087	9.093	8.831	7.869	46	45	40
2026	5.087	9.611	9.289	8.119	49	47	41
2027	5.087	10.277	9.885	8.475	52	50	43
2028	5.087	10.731	10.271	8.638	55	52	44
2029	5.087	11.327	10.789	8.901	58	55	45
2030	5.087	11.720	11.109	8.991	60	57	46
Samanlagt 2031-2049	96.653				1.624	1.454	947
Samtals 2019-2049	152.610				2.122	1.937	1.372

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

Vert er að geta þess að Síldarvinnslan á Norðfirði hyggst á komandi árum leggja á fimmta milljarð króna í bræðslu sem gengur fyrir rafmagni. Bæði á að stækka verksmiðjuna sem fyrir er og bæta annarri lítilli við. Við þetta tvöfaldast afkastagetan (Síldarvinnslan, 2021). Einfaldara er að setja upp rafskautaketil í nýja fiskimjölsverksmiðju en að breyta gamalli verksmiðju þannig að hún gangi fyrir rafmagni (Jón Már Jónsson, Síldarvinnslunni, munnleg heimild 20. ágúst 2021). Erfitt er samt að túlka þetta öðruvísi en að fyrirtækið telji það kostnaðarins virði að fjárfesta í bræðslu sem gengur fyrir rafmagni. Minna má á að auðveldara er að stjórna bræðslu með rafmagni en olíu og að vinnslan er hreinlegri. Orðspor fyrirtækisins gæti líka skipt máli, auk þess sem fyrirtækið hefur þegar skipt yfir í rafmagn og sumir myndu telja það skref aftur á bak að fara aftur yfir í olíu.

13. Hætt að nota skaðlega kælimiðla: D.1 og D.2

Úr aðgerðaáætlun

D.1 Reglugerð um F-gös

- Samkvæmt ákvæðum reglugerðar frá 2018 munu heimildir til að flytja inn F-gös minnka í þrepum fram til ársins 2036
- Reglugerð kveður einnig á um takmarkanir á markaðssetningu F-gasa og notkun þeirra

D.2 Skattur á F-gös

- Skattur á F-gös tók gildi í upphafi árs 2020. Hann grundvallast á þeirri reglu að sá sem valdi mengun bæti tjón af völdum hennar (mengunarbótareglunni).

Samantekt á aðgerðum D.1 og D.2 Hætt að nota skaðlega kælimiðla

Núvirtur ábati: 19 milljarðar kr.

- Minni losun CO₂

Núvirtur kostnaður: 2 milljarðar kr.

- Nýr kælimiðill

Nettó áhrif: 17 milljarðar kr.

Með reglugerð er dregið úr heimildum til að flytja inn tiltekna tegundir flúrlofts (F-gasa) sem notað er í kælikerfum í skipum og verslunum og í loftræstingu og varmadælum. Sköttum er beitt til að hraða útskiptingu gasanna. Áætlað er í aðgerðaáætlun frá 2020 að árið 2030 verði losun af þessum sökum um 53 þúsund tonn minni en ella.

Árið 2019 losnuðu 207 þúsund tonn af koltvísýringsgildum vegna flúrlofts (F-gasa). Þetta eru um 7% af allri losun sem íslensk stjórnvöld bera beina ábyrgð á. Losunin hafði þá aukist úr 56 þúsund tonn árið 2005. Stjórnvöld bregðast við á tvo vegu: Með reglugerð og gjaldi á losun. Í desember 2018 var sett hámark á flúrloft sem flytja má til landsins. Hámarkið lækkaði í þrepum á næstu árum. Bannað var að flytja inn flúrloft á stór kerfi sem talin voru óvenjuskadleg. Þá var í ársbyrjun 2020 lagt gjald á flúrloft. Gjaldið nemur 2.500 krónum á hvert tonn koltvísýringsgilda, en þó ekki meira en 10.000 krónum á hvert kíló af lofti.

Verkfræðistofan Efla mat árið 2020 kostnað af því að skipta út kælíbúnaði sem notar flúrloft í matvörubúðum. Skipt er yfir í búnað sem notar aðra kælimiðla, aðallega CO₂ og NH₃. Miðað er við að kerfin endist í 15 ár. Kælikerfi af nýju tagi eru talin 5-20% dýrari en kerfi sem nota flúrloft. Á hinn bóginn kostar koltvísýringur á nýtt kælikerfi aðeins um 40% af verði flúrlofts. Hugmyndin var að skoða einnig kostnað við útskiptingu í sjávarútvegi, en í ljós kom að þá þegar væri búíð að skipta út kælíbúnaði í stórum skipum og erfitt væri að koma öðrum kælimiðlum við í litlum skipum (Björgvin Brynjarsson og Haukur Ásberg Hilmarsson, 2020).

Hér er stuðst við gögn frá Eflu og að mestu notaðar sömu forsendur og í athugun hennar (Björgvin Brynjarsson, munnleg heimild 9. júní 2021). Árið 2020 voru 60% færri tonn af flúrlofti flutt hingað til lands en árið á undan (Anna Sigurveig Ragnarsdóttir, munnleg heimild 5. maí 2021), en ekki er víst að losun í koltvísýringisgildum hafi minnkað jafnmikið. Í ljósi góðs árangurs gerum við ráð fyrir að árið 2030 hafi losun dregist saman um 165 þúsund tonn frá 2019, eða um 80%. Í skýrslu Eflu frá 2020 var reiknað með að losun minnkaði um 70% frá árunum 2011-2013 til árana 2029-2033 (Björgvin Brynjarsson og Jónas Hallgrímsson, 2019). Útgjöld eru hér núvirt með 5% raunávöxtunarkröfu, en í reikningum Eflu er horft á meðalútgjöld á meðan kerfin endast (15 ár).

Núvirtur þjóðhagslegur ábati er miðaður við að allir, sem það geta, skipti um kerfi. Gert er ráð fyrir að allir skipti um kælikerfi í upphafi tímabilsins. Í reynd tekur nokkur ár að skipta kerfunum út. Nota má löglega kælimiðla á gömul kerfi og líklega verða þau flest notuð meðan þau endast. Hreinn þjóðhagslegur ábati allan endingartíma kælikerfanna, 15 ár fram í tímann, er tæpir 17 milljarðar króna, sjá töflu 24 á næstu síðu. Ódýrara er að reka nýju kælikerfin en hin gömlu, en auk þess er gert ráð fyrir að verðgildi kolefnis hækki mikið ár frá ári, eins og annars staðar í þessari skýrslu.

Með aðgerðinni má draga úr losun um 2,3 milljónir koltvísýringstonna á árunum 2020 til 2034. Kostnaður við nýjan kælíbúnað er tæplega 1 þúsund krónur á hvert tonn sem sparast, ef ábati af minni losun er ekki metinn til fjár. Í töflu 25, á blaðsíðunni hér á eftir, má sjá tölur um samdrátt í losun CO₂, ár fyrir ár, og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvesti.

Ábati af þessari aðgerð fer undir núll ef ávöxtunarkrafa hækkar umfram 19%. Að óbreyttri 5% ávöxtunarkröfu þarf verðgildi koltvísýringisgildis að lækka um meira en 87% til þess að tap verði af aðgerðinni.

Tafla 24. Niðurstöður fyrir aðgerðir D.1 og D.2. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður		Samtals		
	Stofn- og rekstrarkostnaður	Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ *	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019					
2020	-193	506	-193	506	313
2021	-202	821	-202	821	619
2022	-210	1.324	-210	1.324	1.114
2023	-217	1.197	-217	1.197	980
2024	-224	1.363	-224	1.363	1.138
2025	-231	1.566	-231	1.566	1.335
2026	-237	1.741	-237	1.741	1.504
2027	-243	1.954	-243	1.954	1.711
2028	-248	2.137	-248	2.137	1.889
2029	-253	2.358	-253	2.358	2.105
2030	-258	2.547	-258	2.547	2.289
Samanlagt 2031-2034	-1.071	13.098	-1.071	13.098	12.027
Núvirt með 5% vöxtum			-2.429	19.217	16.789

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 25. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerða D.1 og D.2, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingarvexti. Núvirt til 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019		3.004	3.004	3.004			
2020	124.200	3.978	3.958	3.883	494	492	482
2021	129.748	6.020	5.962	5.737	781	774	744
2022	134.924	9.112	8.980	8.477	1.229	1.212	1.144
2023	139.753	7.762	7.613	7.049	1.085	1.064	985
2024	144.258	8.350	8.149	7.402	1.205	1.176	1.068
2025	148.462	9.093	8.831	7.869	1.350	1.311	1.168
2026	152.384	9.611	9.289	8.119	1.465	1.415	1.237
2027	156.043	10.277	9.885	8.475	1.604	1.542	1.323
2028	159.457	10.731	10.271	8.638	1.711	1.638	1.377
2029	162.643	11.327	10.789	8.901	1.842	1.755	1.448
2030	165.600	11.720	11.109	8.991	1.941	1.840	1.489
Samanlagt 2031-2034	688.341				9.134	8.509	6.431
Samtals 2019-2034	2.305.812				23.841	22.726	18.896

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

14. Aukin innlend grænmetisframleiðsla og kolefnishlutleysi: E.3

Úr aðgerðaáætlun

E.3 Aukin innlend grænmetisframleiðsla og kolefnishlutleysi

- 200 milljónir króna veittar á ári til garðyrkju, til viðbótar við það sem áður var
- Framleitt verði 25% meira af íslensku grænmeti árið 2023 en 2019
- Íslensk grænmetisframleiðsla verði kolefnishlutlaus fyrir 2040
- Grænmetisbændur verði fræddir um loftslagsmál, aðferðir til að binda kolefni og hvernig megi draga úr losun

Samantekt á aðgerð E.3 Aukin innlend grænmetisframleiðsla og kolefnishlutleysi

Núvirtur ábati: 0,2 milljarðar kr.

- Minni losun CO₂

Núvirtur kostnaður: 1,6 milljarðar kr.

- Framlög til aukinnar innlendra grænmetisframleiðslu
- Framlög til kolefnishlutleysis í grænmetisframleiðslu

Nettó áhrif: - 1,4 milljarðar kr.

Þegar samningur stjórnvalda við garðyrkjubændur var endurskoðaður árið 2020 var samþykkt að stefna að því að framleiðsla á innlendu grænmeti ykist um 25% frá 2020 til 2023. Samningurinn gildir aðeins til ársins 2026, en hann verður endurskoðaður árið 2023 þegar árangur af áttakinu liggur fyrir. Þá gætu framlög til greinarinnar breyst. Hér er gert ráð fyrir að öll samningsmarkmið náist, innlend framleiðsla anni vaxandi eftirspurn eftir 2023 og jafnmikið verði þá flutt inn af grænmeti og árin á undan. Skoðaðar voru sviðsmyndir þar sem innlend framleiðsla og innflutningur jukust nokkru meira eða minna, en meginniðurstöður breytast ekki við það.

Árið 2019 voru framleidd 15.000 tonn af grænmeti hér á landi og 65.600 tonn flutt inn, svo að gera má ráð fyrir að neysla landsmanna hafi verið 80.600 tonn. Frá 2012 til 2020 jókst grænmetisneysla hér á landi að meðaltali um 1% á ári (Hagstofa Íslands, 2021d; Hagstofa

Íslands, 2021e).⁷ Reiknað er með að hún aukist áfram jafnhvatt til 2040. Þá verður neyslan tæp 90 þúsund tonn miðað við þessar forsendur. Aðgerðin verður til þess að hlutdeild innlends grænmetis í neyslu landsmanna eykst, en óvíst er að verð breytist að neinu ráði. Ekki er því gert ráð fyrir að hún hafi nein áhrif á heildarneyslu á grænmeti. Í töflu 26 má sjá spá um eftirspurn eftir grænmeti, innlenda framleiðslu og innflutning fram til 2030.

Tafla 26. Eftirspurn, innlend framleiðsla og innflutningur á grænmeti. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019.

Ár	Áætluð eftirspurn	Áætluð framleiðsla	Áætlaður innflutningur
2019	80.602	15.002	65.600
2020	73.527	13.968	59.559
2021	74.262	15.409	58.852
2022	75.004	17.000	58.005
2023	75.754	18.754	57.000
2024	76.512	19.512	57.000
2025	77.277	20.277	57.000
2026	78.050	21.050	57.000
2027	78.830	21.830	57.000
2028	79.619	22.618	57.000
2029	80.415	23.415	57.000
2030	81.219	24.219	57.000

Heimildir: Hagstofa Íslands (2021d).

Í Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum segir að samhliða markmiðum um aukna innlenda grænmetisframleiðslu, verði unnið að því að draga úr losun á framleidda einingu af grænmeti og kolefnisjafna búskap (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020, bls. 116). Þessi liður verður metinn sérstaklega þar sem ekki er ljóst hve mikið losunin minnkar og hve mikið verður kolefnisjafnað.

Í skýrslu Verkfræðistofu Jóhanns Indriðasonar ehf. fyrir Samband garðyrkjubænda frá 2015 kemur fram að fyrir hvert tonn af grænmeti, sem framleitt er á Íslandi en ekki flutt inn, sparist 0,17 tonn af koltvísýringisgildum. Tiltölulega litlu munar á útblæstri frá innlendri framleiðslu og grænmeti sem flutt er með skipi frá meginlandi Evrópu. Almennt losnar lítið kolefni þegar vara er flutt með skipi. Salat og kál er aftur á móti flutt hingað með flugi frá Kaliforníu. Við það losnar mun meira kolefni, en þess ber að geta að varan er létt og plássið í vélunum yrði að öðrum kosti autt. Á vesturleiðinni er það notað til þess að flytja fisk til Kyrrahafsstrandar Ameríku.

⁷ Eftirspurnin dróst reyndar saman frá 2019 til 2021.

Reiknað var vegið meðaltal af losun frá íslenskri framleiðslu til þess að meta hve mikinn útblástur þyrfti annað hvort að koma í veg fyrir eða jafna fyrir 2040. Fyrir hvert tonn af grænmeti sem framleitt er innanlands losna að meðaltali um 0,25 tonn af koltvísýringsígildum. Talsverðu munar á grænmetistegundum (Hagstofa Íslands, 2021d; Verkfræðistofa Jóhanns Indriðasonar ehf., 2015). Við gerum ráð fyrir að losun gróðurhúsalofttegunda frá grænmetisframleiðslu hér á landi minnki annað hvort jafnt og þétt eða verði kolefnisjöfnuð á árunum 2020 til 2040. Losun á hvert tonn af grænmeti sem framleitt er hér á landi minnki um 0,01 tonn á ári. Útgjöld vegna þess eru um 15 milljónir króna á ári. Spá um losun koltvísýrings í grænmetisframleiðslu fram til 2030 má sjá í töflu 27.

Tafla 27. Losun CO₂ í grænmetisframleiðslu. Allar tölur í töflunni standa fyrir tonn CO₂.

Ár	Losun á hvert tonn grænmetis	Losun að öllu óbreyttu	Áætluð losun	Spöruð losun úr framleiðslu
2019	0,25	3.692	3.692	
2020	0,25	3.438	3.438	
2021	0,23	3.793	3.603	190
2022	0,22	4.184	3.766	418
2023	0,21	4.616	3.924	692
2024	0,20	4.802	3.842	960
2025	0,19	4.991	3.743	1.248
2026	0,17	5.181	3.627	1.554
2027	0,16	5.373	3.493	1.881
2028	0,15	5.567	3.340	2.227
2029	0,14	5.763	3.170	2.593
2030	0,12	5.961	2.981	2.981

Heimildir: Hagstofa Íslands (2021d), Verkfræðistofa Jóhanns Indriðasonar ehf. (2015) og eigin útreikningar.

Í töflu 28 má sjá áhrif af aukinni innlendri grænmetisframleiðslu. Í sömu töflu má einnig sjá áhrif af kolefnisbindingu og minni losun á framleidda einingu grænmetis hér á landi. Árið 2030 losnar 1.450 tonnum minna af kolefni en ella vegna þess að minna grænmeti er flutt inn. Samtals munu 14 þúsund koltvísýringsígildistonn sparast frá 2021 til 2030, samanber töflu 29. Jafnframt er gert ráð fyrir að losun á framleidda einingu af grænmeti hér á landi dragist saman og að framleiðslan verði kolefnisjöfnuð. Árið 2030 minnkar losun af þeim sökum um tæp 3.000 tonn frá því sem ella hefði orðið. Samtals hefur losun þá minnkað um 14.700 tonn allt tímabilið vegna þess að losun á hvert tonn minnkar og vegna kolefnisjöfnunar (sjá töflu 29).

Tafla 28. Niðurstöður fyrir aðgerð E.3, aukin innlend grænmetisframleiðsla og minni losun á framleidda einingu af grænmeti. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður		Sparnaður CO ₂		Samtals					
	Innlend framleiðsla	Kolefnis-hlutleysi	Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ *		Kostnaður		Ábati		Nettó áhrif	
			Innlend framleiðsla	Kolefnis-hlutleysi	Innlend framleiðsla	Kolefnis-hlutleysi	Innlend framleiðsla	Kolefnis-hlutleysi	Innlend framleiðsla	Kolefnis-hlutleysi
2019										
2020	-185	-15			-185	-15			-185	-15
2021	-185	-15	7	1	-185	-15	7	1	-178	-14
2022	-185	-15	13	4	-185	-15	13	4	-172	-11
2023	-185	-15	12	6	-185	-15	12	6	-173	-9
2024	-185	-15	14	9	-185	-15	14	9	-171	-6
2025	-185	-15	15	13	-185	-15	15	13	-170	-2
2026	-185	-15	17	18	-185	-15	17	18	-168	3
2027	-185	-15	18	24	-185	-15	18	24	-167	9
2028	-185	-15	19	30	-185	-15	19	30	-166	15
2029	-185	-15	21	38	-185	-15	21	38	-164	23
2030	-185	-15	22	46	-185	-15	22	46	-163	31
Núvirt með 5% vöxtum					-1.464	-119	107	118	-1.356	-1

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Heimildir: Verkfræðistofa Jóhanns Indriðasonar ehf, (2015), Jón Guðmundsson (2016) & eigin útreikningar.

Tafla 29. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerðar E.3 (aukin innlend framleiðsla og minni losun á framleidda einingu grænmetis), magn og virði m. v. mismunandi núvirðingarvexti. Núvirt til 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)		Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)**		
	Spöruð losun vegna aukinnar innlendra framleiðslu	Spöruð losun á framleidda einingu	2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019			3.004	3.004	3.004			
2020			3.978	3.958	3.883			
2021	1.141	190	6.020	5.962	5.737	8	8	8
2022	1.284	418	9.112	8.980	8.477	16	15	14
2023	1.454	692	7.762	7.613	7.049	17	16	15
2024	1.454	960	8.350	8.149	7.402	20	20	18
2025	1.454	1.248	9.093	8.831	7.869	25	24	21
2026	1.454	1.554	9.611	9.289	8.119	29	28	24
2027	1.454	1.881	10.277	9.885	8.475	34	33	28
2028	1.454	2.227	10.731	10.271	8.638	39	38	32
2029	1.454	2.593	11.327	10.789	8.901	46	44	36
2030	1.454	2.981	11.720	11.109	8.991	52	49	40
Samtals	14.053	14.744				285	275	237

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

** Við útreikninga á núvirtum sparnaði vegna minni losunar CO₂ er notast við samtölu sparaðra tonna hvert ár.

Í heild dregur aðgerðin úr losun koltvísýrings um 29 þúsund tonn frá 2021 til 2030. Kostnaður umfram ábata á hvert tonn sem sparast er um 55 þúsund kr. áður en áhrif af losun kolefnis eru metin til fjár.

Aðgerðin kostar 1,6 milljarða króna að núvirði, en ábati er aðeins um 0,2 milljarðar. Kostnaður umfram ábata er tæplega 1,4 milljarðar króna. Miðað er við 5% ávöxtunarkröfu og að virði koltvísýringsígilda sé jafnt verði á losunarheimildum á markaði í Evrópusambandinu undanfarin ár og í samræmi við spá á komandi árum, eins og í fyrri köflum.

Tap er af aðgerðinni hver sem ávöxtunarkrafan er. Að óbreyttri 5% ávöxtunarkröfu og öðrum forsendum þarf verðmat á tonni kolefnis að ríflega sjöfaldast til þess að ábati verði af þessari aðgerð.

15. Bann við urðun lífræns úrgangs: F.2.

Úr aðgerðaáætlun

F.2 Bann við urðun lífræns úrgangs

- Bann við urðun lífræns úrgangs frá og með árinu 2021 og lífbrjótanlegs úrgangs frá og með árinu 2023.

Samantekt á aðgerð F.2 Bann við urðun lífræns úrgangs

Núvirtur ábati: 6 milljarðar kr.

- Minni losun CO₂
- Gjald fyrir tunnu undir lífrænan úrgang

Núvirtur kostnaður: 6,2 – 10,8 milljarðar kr.

- Flokkun, hirða og sorpílát
- Stofnkostnaður sorpbrennslustöðva
- Rekstrar- og stjórnunarkostnaður sorpbrennslustöðva

Nettó áhrif: -0,2 til -4,8 milljarðar kr.

Utan við líkan

- Aukaafurðir við úrvinnslu; svo sem metan og varmi til húshitunnar.
- Umhverfiskostnaður umfram losun; t.d. sjónræn áhrif, umhverfisáhrif framkvæmda o.fl.

Bannað verður að urða lífrænan úrgang (lífúrgang) að meginreglu frá og með 2021 og lífbrjótanlegan úrgang frá og með 2023.⁸ Með þessu eru tilskipanir Evrópusambandsins hvað varðar lífúrgang teknar upp hér á landi (Frumvarp til laga um breyting á lögum um hollustuhætti

⁸ Lífrænn úrgangur er matar- og eldhúsúrgangur og lífbrjótanlegur garðaúrgangur. Í þessum flokki telst ekki lengur sláturúrgangur, fiskúrgangur, húsdýraskítur, seyra, timbur, pappír og pappi (Umhverfisstofnun, 2022). Lífbrjótanlegur úrgangur getur brotnað niður í lífrænum ferlum, s.s. af völdum örvera eða plantna (Stofnun Árna Magnússonar, 2022).

o.fl., 708. mál 2020-2021). Í aðgerðaáætluninni er miðað við að fyrir vikið verði losun frá úrgangi um 104 þúsund koltvísýringsígildistonnunum minni en ella á ári (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020).

Skilgreiningar á lífrænum úrgangi og afleiddum hugtökum hafa hingað til verið á reiki í lögum og tilskipunum (sjá umfjöllun í Stjórnarráði Íslands, 2021, bls. 37). Í þessari greiningu verður miðað við úrgangsflokka sem sjá má í töflu 30 (EWC-stat).⁹

Tafla 30. Úrgangsflokkar.

Flokkur	Heiti	Lífúrgangur	Lífbrjótanlegur úrgangur
03-3	Eðja og fljótandi úrgangur frá meðhöndlun úrgangs		x
05	Úrgangur frá heilbrigðisstofnunum		x
07-21	Pappírs- og pappaubúðir		x
07-23	Pappírs- og pappauúrgangur (ekki umbúðir)		x
07-51	Viðarumbúðir		x
07-52	Viðarúrgangur frá byggingar- og niðurrifsstarfsemi		x
07-53	Viðarúrgangur (ekki umbúðir)		x
07-6	Textílúrgangur		x
09-11	Dýrahæ		x
09-11	Fiskúrgangur		x
09-11	Sláturúrgangur		x
09-12	Matarúrgangur frá eldhúsum og verslunum	x	x
09-21	Garðaúrgangur, garðyrkju- og skógræktarúrgangur	x	x
09-31	Húsdýraskítur		x
10-11	Blandaður heimilisúrgangur (sorphirða, gámasvæði, rúmfrekur úrg.)		x
10-12	Úrgangur frá götuhreinsun		x
10-22	Blandaður, óskilgreindur úrgangur (t.d. frá rekstri)		x
10-3	Leifar frá meðhöndlun úrgangs		x
11-4	Ristarúrgangur og seyra		x
12-13	Blandaður byggingar- og niðurrifsúrgangur		x

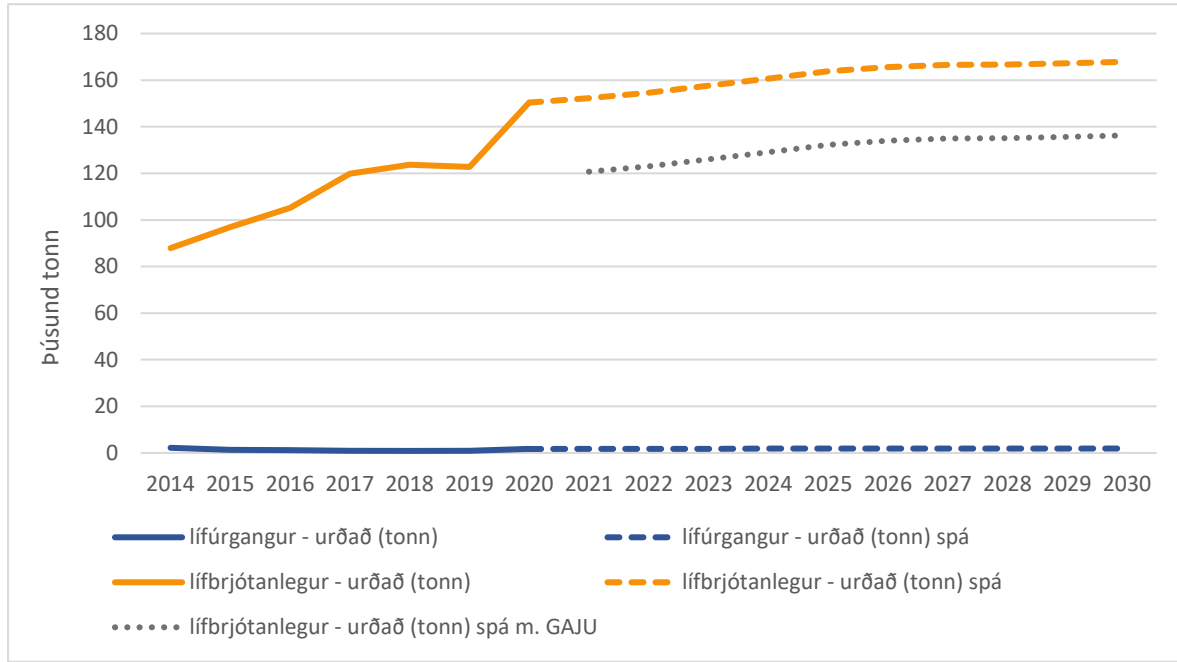
Heimildir: Raket Kristjánsdóttir (tölvupóstur, 3. júní 2021), Umhverfis- og auðlindaráðuneytið (2020) & eigin ályktanir.

Hér er miðað við að lífbrjótanlegur úrgangur vaxi með mannfjölda til 2030 og mannfjöldaspá Hagstofunnar¹⁰ (Hagstofa Íslands, 2021f; Hagstofa Íslands, 2021g) fylgt. Á árunum 2014 til 2019 voru að jafnaði 63% af lífbrjótanlegum úrgangi urðuð, en aðeins 56% af lífúrgangi (Hagstofa Íslands, 2021f). Miðað er við að þessi hlutföll haldist út spátímann. Ef aðgerðaáætlunin gengur eftir þarf að meðhöndla um 124 þúsund tonn af úrgangi á ári á annan hátt en nú frá og með 2023.

⁹ Lífúrgangur er dæmi um lífbrjótanlegan úrgang.

¹⁰ Miðspá.

Þessu eru gerð skil á mynd 5. Þar má sjá umfang urðunar á líf- og lífbrjótanlegum úrgangi frá 2014. Opinberar tímaraðir um meðhöndlun úrgangs ná einungis til ársins 2019. Því þarf að spá umfangi frá 2020. Í upphaflegri spá (gul strikálína) er ekki tekið tillit til afkastagetu GAJU, sem tók til starfa í ágúst 2020. Leiðrétt spá er sýnd á svartri punktalínu.



Mynd 5. Umfang urðunar - viðmiðunarástand. Heimildir: Hagstofa Íslands (2021a, 2021f, 2021g) & eigin útreikningar.

15.1 Kostnaður við jarðgerð og sorpbrennslu meiri en við urðun

15.1.2 Lífúrgangur

Reykjavíkurborg gerir ráð fyrir að brún tunna undir lífúrgang verði við hvert heimili (Tillaga að nýrri gjaldskrá nr. 75/2021). Byrjað verði að dreifa tunnum í september 2021 en þjónustan verði komin í öll hverfi um mitt ár 2022 (Sorphirðudagatal, á.á.). Gjald vegna brúnna tunna er hrein viðbót við fyrri gjaldskrá (nr. 1474/2021) og það hefur ekki áhrif á önnur gjöld. Gera má ráð fyrir að tunnurnar verði nýttar, því að ekki má setja matarleifar með almennu sorpi.¹¹ Gjaldinu er ætlað að standa undir kostnaði við ílát, hirðu og förgun úrgangs (Tillaga að nýrri gjaldskrá, nr.75/2021).

¹¹ Í dag fer lífúrgangur að mestu með blönduðum heimilisúrgangi nema fólk flokki hann sérstaklega frá og nýti til eigin moltugerðar eða komi til endurvinnslu á eigin vegum.

Sveitarfélög standa á ýmsan hátt að sorphirðu en hér verða tölur fyrir Reykjavík heimfærðar á allt landið.¹²

Algengast er að blönduðum heimilisúrgangi sé safnað í 240 lítra gráar tunnur. Gjaldið fyrir þá þjónustu er að jafnaði 32.650 kr. (Guðrún F. Guðmundsdóttir, Ingibjörg A. Bergþórsdóttir og Karl Eðvaldsson, 2021 ; Gjaldskrá fyrir meðhöndlun úrgangs í Reykjavíkurborg, nr.1472/2020).¹³ Gráu tunnurnar eru hirtar á 14 daga fresti, líkt og hugmyndin er með brúnu tunnurnar. En allur gangur er á því hvað þær eru lengi að fyllast. Samkvæmt athugun frá september 2020 er meðalfylli grárra tunna á bilinu 20% til 55% þegar þær eru hirtar (Guðrún o.fl., 2021 bls. 56). Í baggarannsókn Sorpu 2018 kemur fram að 29% af blönduðum heimilisúrgangi er lífrænn (Guðrún o.fl., 2021). Í því ljósi mætti ætla að margir kæmust af með minna ílát fyrir blandaðan úrgang. Fólk ætti að vera jafnvel sett ef það skiptir 240 lítra grárra tunnu út fyrir 120 lítra tunnu og 120 lítra brúna tunnu (Tillaga að nýrri gjaldskrá, nr. 75/2021). Ef allir Reykvíkingar, sem nú eru með gráa 240 lítra tunnu, gera þetta og niðurstöðurnar eru heimfærðar á landið allt kostar 107 milljónir á ári að banna að urða lífúrgang (lágspá). En erfitt er að ráða í hegðun fólks. Ef gengið er út frá því að brúna tunnan sé hrein viðbót fyrir hverja gráa tunnu sem nú er í umferð (bæði 120 og 240 lítra) nemur kostnaðurinn tæpum 960 milljónum á ári (háspá).

15.1.2 Lífbrjótanlegur úrgangur

Opinber gögn um meðferð úrgangs gefa til kynna að lífbrjótanlegur úrgangur sé miklu meiri en lífúrgangur, sjá mynd 5. Ljóst er að urðunarbann kallar á töluverða fjárfestingu. Gaja, ný gas- og jarðgerðarstöð höfuðborgarsvæðisins frá árinu 2020, annar 35 þúsund tonnum af lífrænum úrgangi á ári miðað við full afköst (Sorpa, á.á.; Sorpa, 2020).^{14,15} Lífrænn úrgangur, sem ekki er meðhöndlaður hér á landi, hefur hingað til hafnað í erlendum sorpbrennslustöðvum, sem framleiða rafmagn eða hita.

15.1.3 Jarðgerð og sorpbrennsla í stað urðunar

Í greiningunni sem hér fylgir er miðað við að brugðist verði við urðunarbanni með meiri jarðvegsgerð hér á landi, auk þess sem komið verði upp sorpbrennslustöðvum. Kostnaður og

¹² Þessi einföldun er meðal annars réttlætt með því að mikil óvissa er um tæknilegar útfærslur á framkvæmd og tilhögun aðgerðarinnar. Sjá t.d. Sorpa (2021).

¹³ Gjaldið er misjafnt eftir því hve langt þarf að sækja tunnurnar frá hirðubíl. Hér er miðað við meðaltal viðkomandi gjaldliða í gjaldskrá Reykjavíkurborgar (nr. 1472/2020).

¹⁴ Lífúrgangur hefur verið dreginn frá þessari samtölu.

¹⁵ Ýmsir aðrir rekstraraðilar sjá um meðhöndlun úrgangs en hér er miðað við að starfsemi þeirra hafi hingað til endurspeglast að fullu í opinberum gögnum um meðhöndlun úrgangs. Við tókum sérstakt tillit til GAJU og göngum út frá 95% afköstum.

ábati af því er borinn saman við kostnað og ábata af því að urða eins og áður. Þannig leggjum við mat á það hvort hagkvæmt er að banna urðun.

Hochman o.fl. (2015) hermdu kostnað við sorpbrennslu og jarðvegsgerð út frá úrgangstölum frá austurströnd Bandaríkjanna (New Jersey). Athugunin leiddi í ljós að stofnkostnaður, rekstrar- og stjórnunarkostnaður við sorpbrennslu slagar í 17.154 kr. tonnið umfram kostnað við að sama magn yrði urðað. Meðal annars er horft á kostnað við land sem fer undir sorpbrennslu og urðun.¹⁶ ¹⁷ Á móti kemur að umhverfisáhrif sorpbrennslu, mælt í koltvísýringsígildum, eru helmingi minni en af urðun (Guðrún Guðmundsdóttir o.fl., 2020). Sömu kostnaðarþættir jarðvegsgerðar nema aftur á móti 2.334 kr. á tonnið umfram urðunarkostnað.¹⁸ Enn minna losnar við jarðvegsgerð en urðun, eða tæpur fimmtungur (EFLA, 2021). Þessar niðurstöður eru lagðar til grundvallar í mati okkar.

15.2 Gös sem losna við urðun menga mikið

Stefnt er að því að losun minnki um 104 þúsund koltvísýringsígildistonn 2030 vegna aðgerðarinnar (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Ekki liggur fyrir hvernig sú tala er fengin. Eins og áður hefur komið fram hafa u.þ.b. 60% af lífúrgangi verið urðuð hér á landi á síðustu árum. Samkvæmt spá Hagfræðistofnunnar standa rúm 124 þúsund tonn af lífrænum úrgangi útaf árið 2023 miðað við núverandi framleiðslugetu úrvinnslukerfisins; að Gaju meðtalinni. Því þyrfti að koma upp meiri jarðgerð og sorpbrennslu í stað urðunar. Umfangið er rúm 134 þúsund tonn árið 2030.

Samkvæmt stefnu umhverfis- og auðlindaráðherra í meðhöndlun úrgangs er markmiðið að endurvinnsla líf- og lífbrjótanlegs úrgangs felist að mestu leyti í jarðgerð. Bent er á að það sé algengasta leiðin við endurvinnslu lífræns heimilisúrgangs í aðildarríkjum Evrópusambandsins (Stjórnarráð Íslands, 2021 bls. 80). Ef litið er til sögulegra gagna ættu tæp 70% alls blandaðs heimilisúrgangs, sem var urðaður hér á landi, að teljast lífræn. Í greiningunni er miðað við að það hlutfall haldist til 2030 og að úrgangurinn rati framvegis í jarðgerð. Allt umfram það fari í brennslu. Miðað við þær forsendur er ætlað að losun dragist saman um rúm 91 þúsund koltvísýringstonn árið 2023 og allt að 100 þúsund tonnum árið 2030. Á árunum 2023 til 2030 sparast því rúmlega 770 þúsund koltvísýringstonn, sjá töflu 32 á bls. 75.

¹⁶ 104,65 dollarar á verðlagi ársins 2015. Þessi upphæð er færð í krónur með kaupmáttarleiðrétu gengi og færð á verðlag ársins 2019 með byggingarvísitölu (OECD, 2021; Hagstofa Íslands, 2021k).

¹⁷ Kostnaðartölurnar eiga að ná yfir allan mögulega kostnað við nýfjárfestingu.

¹⁸ 14,24 dollarar á verðlagi ársins 2015.

15.3 Niðurstöður

Beinn kostnaður við þess aðgerð er á bilinu 12.000 til 21.000 kr. á hvert tonn af kolefni sem tekst að binda. Bilið stafar af mun á forsendum um kostnað heimila af meðhöndlun úrgangs. Ábatinn tekur mið af verði losunarheimilda á markaði í Evrópusambandinu undanfarin ár og spá á komandi árum, eins og í fyrri köflum. Hreint tap samfélagsins af banni við urðun er talið vera á bilinu frá 0,2 til 4,7 milljarðar króna á verðlagi ársins 2019 miðað við 5% ávöxtunarkröfu, sjá töflu 31. Ekki er gert ráð fyrir söluhagnaði á aukaafurðum úrvinnslu á lífrænum úrgangi, á borð við metan, varma og moltu. Aðstæður á mörkuðum og skortur á nánari útfærslu á aðgerðinni ráða þar mestu um. Framboð á metani er meira en eftirspurn hér á landi og hiti er víðast hvar ódýr. Kostnaður á hvert kolefnistonn sem sparast með aðgerðinni nemur um 11 þúsund krónum ef miðað er við meðaltal af há- og lágspá. Í töflu 32, á næstu síðu, má sjá tölur um samdrátt í losun CO₂ og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Tap er af aðgerðinni hvort sem ávöxtunarkrafa lækkar niður í núll eða hún hækkar umtalsvert. Að óbreyttri 5% ávöxtunarkröfu og öðrum forsendum þarf verðmat á tonni kolefnis að aukast um 4- til 79% til þess að aðgerðin komi út á sléttu.¹⁹

Tafla 31. Niðurstöður fyrir aðgerð F.2. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður				Sparnaður CO ₂	Samtals					
	Sorp-brennsla	Jarð-gerð	Tunnur			Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ *	Kostnaður		Ábati	Nettó áhrif	
			Lágspá	Háspá			Lágspá	Háspá		Lágspá	Háspá
2019											
2020											
2021											
2022											
2023	-847	-175	-107	-961	783	-1.129	-1.983	783	-346	-1.200	
2024	-863	-180	-107	-961	885	-1.150	-2.004	885	-266	-1.119	
2025	-880	-185	-107	-961	1.013	-1.172	-2.026	1.013	-159	-1.013	
2026	-890	-188	-107	-961	1.113	-1.185	-2.038	1.113	-72	-926	
2027	-895	-189	-107	-961	1.229	-1.191	-2.045	1.229	37	-816	
2028	-896	-190	-107	-961	1.317	-1.193	-2.046	1.317	124	-730	
2029	-899	-190	-107	-961	1.431	-1.196	-2.050	1.431	234	-620	
2030	-902	-191	-107	-961	1.525	-1.201	-2.055	1.525	324	-530	
Núvirt með 5% vöxtum						-6.247	-10.786	6.033	-214	-4.753	

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

¹⁹ Tæplega þrefaldast í lágspá en tæplega fjórfaldast í háspá.

Tafla 32. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerðar F.2, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingarvexti. Núvirt til 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)*	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)**			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019		3.004	3.004	3.004			
2020		3.978	3.958	3.883			
2021		6.020	5.962	5.737			
2022		9.112	8.980	8.477			
2023	91.372	7.762	7.613	7.049	709	696	644
2024	93.666	8.350	8.149	7.402	782	763	693
2025	96.053	9.093	8.831	7.869	873	848	756
2026	97.406	9.611	9.289	8.119	936	905	791
2027	98.120	10.277	9.885	8.475	1.008	970	832
2028	98.264	10.731	10.271	8.638	1.054	1.009	849
2029	98.660	11.327	10.789	8.901	1.117	1.064	878
2030	99.152	11.720	11.109	8.991	1.162	1.102	891
Samtals	772.694				7.643	7.357	6.334

* Samdráttur í losun er jafnmikill hvort sem horft er á lágspá eða háspá.

** Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

16. Kolefnisgjald: G.1

Úr aðgerðaáætlun

G.1 Kolefnisgjald

- Kolefnisgjald er lagt á gas- og dísilolíu, bensín, brennsluolíu, jarðolíugas og annað loftkennt vetniskolefni
- Gjaldið leggst á alla losun kolefnis af jarðefnaeldsneyti, hvort sem er frá samgöngum eða öðrum uppsprettum
- Kolefnisgjaldið var hækkað um 50% árið 2018, 10% árið 2019 og 10% árið 2020

Samantekt á aðgerð G.1 Kolefnisgjald

Núvirtur ábati: 5 milljarðar kr.

- Minni losun CO₂ þegar ytri áhrif losunar eru verðlögð

Núvirtur kostnaður: 1 milljarður kr.

- Velferðartap neytenda

Nettó áhrif: 4 milljarðar kr.

Þegar kolefni losnar hefur það aðallega áhrif á aðra en þá sem standa fyrir losuninni. Þetta eru úthrif eða ytri áhrif. Ef ekki er brugðist við slæmum ytri áhrifum er meira eldsneyti notað en samfélagið hefur gott af. Kolefnisgjald verður til þess að menn hafa hliðsjón af áhrifum gerða sinna á loftslagið. Að öðru leyti gengur allt sinn vanagang. Inngripin eru í samræmi við tilefnið. Dæmi: Kolefnisáhrif af innflutningi með skipum eru lítil. Kolefnisgjald á skipaolíu hefur því lítil áhrif á innflutning. Gjaldið er almennt og gegnsætt. Það er lagt á allan bruna á jarðefnaeldsneyti (Lög um umhverfis- og auðlindaskatta, nr. 129, 2009, 1. kafli, 1. grein). Það færir ríkissjóði tekjur og stuðlar um leið að bættri hegðun fólks, en aðrir skattar letja til vinnu og draga úr hagstæðum viðskiptum.

Hér er lagt mat á áhrif kolefnisgjalds og áform um hækkun þess á komandi árum.

16.1 Ábati vegna minni losunar

Á árunum 2018 til 2020 hækkaði gjaldið um rúm 80% og árið 2021 hækkaði það enn um 2,5%. Það er nú 10,50 krónur á lítra af bensíni, 12,05 krónur á lítra af gas- og dísilolíu, 14,80 krónur á lítra af brennsluolíu (svartolíu) og 13,15 krónur á lítra af jarðolíugasi (Lög um umhverfis- og auðlindaskatta, nr. 129, 2010). Athugun sem gerð var 2019 leiddi í ljós að verðteygni eldsneytiseftirspurnar íslenskra heimila væri -0,35, en það þýðir að þegar verð á eldsneyti hækkar um 1% dregur úr kaupum um 0,35% (Hagfræðistofnun, 2019). Athugun sem gerð var árið eftir bendir til að verðteygni eldsneytiseftirspurnar íslenskra fyrirtækja sé -0,3 (Hagfræðistofnun, 2020). Eftirspurnin er óteygin, þ.e. eldsneytiskaup dragast saman þegar verð hækkar, en hlutfallslega minna en sem nemur verðhækkuninni.

Velferðaráhrifum af kolefnisgjaldi má skipta í þrennt:

1. Flestir neytendur mundu kaupa flestar vörur þótt þær kostuðu meira en sett er upp. Með öðrum orðum er greiðsluvilji þeirra meiri en uppsett verð. Munurinn á greiðsluvilja og uppsettu verði er ábati neytenda. Þegar kolefnisgjald er lagt á, eða það hækkað, minnkar ábati neytenda af kaupum á olíu og bensíni.
2. Tekjur ríkissjóðs aukast.
3. Minna losnar af gróðurhúsalofttegundum.

16.2 Niðurstöður

Rætt var um kolefnisgjald á eldsneyti á bíla fyrr í skýrslunni, en hér er horft á gjald á allt bensín, olíu og gas, hvort sem það er notað á bíla eða annað.

Gert er ráð fyrir að verðteygni eldsneytiseftirspurnar sé að meðaltali -0,325 fyrir fyrirtæki og heimili (Hagfræðistofnun 2019 og 2020). Orkustofnun gerir ráð fyrir að brennsluolía, eða svartolía, verði ekki notuð frá og með 2020 vegna hertra reglna sem samþykktar voru í lok 2019 (Orkuspárnefnd, 2021b, tafla V1.6). Hún kemur því ekki til athugunar hér. Áhrif kolefnisgjalds á notkun jarðolíugass verða ekki heldur metin að svo stöddu, en lítið var notað af því síðustu árin sem upplýsingar eru um, eða í kringum 2.000 tonn á ári, samanborið við yfir 118 þúsund tonn af bensíni og meira en 223 þúsund tonn af dísilolíu. Ekki liggur fyrir hvernig kolefnisgjald breytist á næstu árum en að öllum líkindum heldur það áfram að hækka. Hér er gert ráð fyrir að frá 2022 hækki það um 7,5% á ári. Samfélagslegur kostnaður af losun kolefnis er samt mun meiri en gjaldið, en eins og í fyrri köflum er hann talinn jafn verði á losunarheimildum á markaði Evrópusambandsins og spá um það á komandi árum. Svigrúm er því til þess að hækka gjaldið mun meira en gert hefur verið – og reiknað er með að gert verði á komandi árum. Þegar áhrif gjaldsins á velferð eru reiknuð út er tekið mið af spám Orkustofnunar um verð á bensíni og olíu á komandi árum, tölum um bensíneftirspurn úr köflum um bíla framar í skýrslunni og spám

Orkuspárnefndar um notkun á annarri olíu (Jón Ásgeir Haukdal Þorvaldsson, munnleg heimild, 27. maí 2021; Orkuspárnefnd, tafla V1.3, 2021b). Lagt er mat á það hvað losun á kolefni dregst mikið saman vegna gjaldsins og hvað ábati neytenda af því að nota olíu minnkar mikið.

Á árunum 2019 til 2030 verður kolefnisgjald til þess að samtals losna um 660 þúsund færri koltvísýringsígildistonn en ella á árunum 2019 til 2030, sjá töflu 33. Kostnaður á hvert tonn er rétt tæplega 1.800 krónur. Kostnaðurinn er velferðartap neytenda vegna gjaldsins, að frádregnum skatttekjum ríkisins. Núvirði ábata umfram kostnað af því að leggja á kolefnisgjald á árunum 2019 til 2030 er ríflega 3.700 milljónir króna, sjá töflu 34 á næstu blaðsíðu. Núvirðið fer ekki niður í núll þótt ávöxtunarkrafa hækki umtalsvert. Að óbreyttri 5% ávöxtunarkröfu og öðrum forsendum þyrfti mat á virði losunar að lækka um tæp 77% til þess að halli yrði á aðgerðinni. Í töflu 35, á næstu síðu, má svo sjá tölur um samdrátt í losun CO₂ og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Tafla 33. Áhrif kolefnisgjalds á neyslu og losun. Allar tölur í töflunni standa fyrir tonn.

Ár	Minni bensín- og olíuneysla	Minni kolefnislosun
2019	16.141	51.652
2020	11.215	35.887
2021	12.069	38.621
2022	13.729	43.934
2023	15.691	50.211
2024	17.548	56.154
2025	18.255	58.416
2026	18.886	60.434
2027	19.539	62.526
2028	20.226	64.725
2029	20.976	67.123
2030	21.751	69.605
Samtals	206.027	659.288

Tafla 34. Niðurstöður fyrir aðgerð G.1. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvartar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður Velferðartap neytenda að frádregnum skatttekjum ríkis	Sparnaður CO ₂ Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ *	Samtals		
			Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019	-99	155	-99	155	56
2020	-68	146	-68	146	78
2021	-72	244	-72	244	172
2022	-79	431	-79	431	352
2023	-97	430	-97	430	333
2024	-117	530	-117	530	413
2025	-131	616	-131	616	485
2026	-146	690	-146	690	544
2027	-162	783	-162	783	621
2028	-180	867	-180	867	687
2029	-201	973	-201	973	772
2030	-224	1.070	-224	1.070	846
Núvirt með 5% vöxtum			-1.143	4.880	3.737

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 35. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerðar G.1, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingarvexti. Núvirt til 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019	51.652	3.004	3.004	3.004	155	155	155
2020	35.887	3.978	3.958	3.883	143	142	139
2021	38.621	6.020	5.962	5.737	233	230	222
2022	43.934	9.112	8.980	8.477	400	395	372
2023	50.211	7.762	7.613	7.049	390	382	354
2024	56.154	8.350	8.149	7.402	469	458	416
2025	58.416	9.093	8.831	7.869	531	516	460
2026	60.434	9.611	9.289	8.119	581	561	491
2027	62.526	10.277	9.885	8.475	643	618	530
2028	64.725	10.731	10.271	8.638	695	665	559
2029	67.123	11.327	10.789	8.901	760	724	597
2030	69.605	11.720	11.109	8.991	816	773	626
Samtals	659.288				5.815	5.619	4.921

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

17. Loftslagsstefna Stjórnarráðsins: G.9

Úr aðgerðaáætlun

G.9 Loftslagsstefna Stjórnarráðsins

- Losun frá ráðuneytum verði 40% minni 2030 en nú
- Losun vegna aksturs á vegum ráðuneyta verði engin árið 2030
- Orkunotkun ráðuneyta minnki um þriðjung
- Flugferðum til útlanda fækki um 24% og innanlands um 47%
- Með nýjum innviðum og hvatakerfi minnki losun frá ferðum starfsmanna til vinnu um 77%
- Með betri meðhöndlun úrgangs minnki losun frá úrgangi um 53%.
- Með minni matarsóun og skaðlitlum matarinnkaupum minnki kolefnisfótspor máltíða um 44%
- Starfsmenn fái fræðslu og námskeið um loftslagsmál og hvað þeir geti gert til að draga úr losun
- Öll losun Stjórnarráðsins verði kolefnisjöfnuð frá 2019
- Verkefnisstjóri verði ráðinn til þess að fylgja stefnunni eftir

Samantekt á aðgerð G.9 Loftslagsstefna Stjórnarráðsins

Núvirtur ábati: ekki metinn

Núvirtur kostnaður: ekki metinn

Nettó áhrif: ekki metin

Loftslagsstefnunni fylgir samantekt á losun frá ráðuneytum auk áætlunar um árangur árin 2022, 2026 og 2030. Í töflu 36, á blaðsíðunni hér á eftir, má sjá að stefnt er að því að frá 2018 til 2030 minnki losun um 40%, eða 550 tonn af koltvísýringígildum. Meira en helmingur af losuninni stafar af flugferðum starfsmanna til útlanda en stjórnvöld bera ekki beina ábyrgð á þeirri losun. Aðeins 455 tonn af koltvísýringígildum losnuðu af öðrum ástæðum árið 2018. Áætlað er að sú losun dragist saman um 72% frá 2018 til 2030 og verði 127 tonn á ári. Losun sem íslensk stjórnvöld bera beina ábyrgð á minnkar því um 328 tonn.

Nota má sömu forsendur til þess að meta hve miklu minna losnar samtals á tímabilinu 2018 til 2030 en ella hefði orðið. Gert er ráð fyrir að losunin hefði að öðrum kosti verið stöðug allan tímann, tæp 1.400 tonn á ári með alþjóðaflugi og 450 tonn án þess. Ef alþjóðaflug er talið með sparast alls 3.000 tonn af koltvísýringígildum á tímabilinu 2018 til 2030, en um 2.100 tonn ef það er ekki talið með (sjá töflu 37 á næstu síðu).

Tafla 36. Losun ráðuneytanna og áætlun um samdrátt í tonnum af kolefnisgildum til 2030 miðað við 2018.

Losun	2018		2022		2026		2030	
	tonn	%	tonn	%	tonn	%	tonn	
Akstur	101	-30%	-30	-70%	-71	-100%	-101	
Orkunotkun	19	-11%	-2	-22%	-4	-32%	-6	
Flug innanlands	42	-19%	-8	-40%	-17	-47%	-20	
Flug erlendis	922	-2%	-18	-8%	-74	-24%	-221	
Ferð til og frá vinnu	216	-21%	-45	-44%	-95	-77%	-166	
Úrgangur	17	-19%	-3	-30%	-5	-53%	-9	
Matur	61	-31%	-19	-38%	-23	-44%	-27	
Samtals	1.377	-9%	-126	-21%	-288	-40%	-550	
Eftirstöðvar	1.377		1.251		1089		827	

Heimild: Umhverfis- og auðlindaráðuneytið (2020).

Tafla 37. Losun í tonnum að öllu óbreyttu og ef gripið er til aðgerða, með og án alþjóðaflugs.

	Að öllu óbreyttu		Með aðgerðum		Munur		Uppsafnaður	
	Alþjóðaflug ekki innifalið	Alþjóðaflug innifalið	Alþjóðaflug ekki innifalið	Alþjóðaflug innifalið	Alþjóðaflug ekki innifalið	Alþjóðaflug innifalið	Alþjóðaflug ekki innifalið	Alþjóðaflug innifalið
2018	455	1.377	455	1.377				
2019	455	1.377	428	1.345	27	32	27	32
2020	455	1.377	401	1.314	54	63	81	95
2021	455	1.377	375	1.282	81	95	162	189
2022	455	1.377	348	1.251	108	126	269	315
2023	455	1.377	321	1.210	134	167	404	482
2024	455	1.377	294	1.170	161	207	565	689
2025	455	1.377	267	1.129	188	248	753	937
2026	455	1.377	241	1.089	215	288	967	1225
2027	455	1.377	212	1.023	243	354	1210	1579
2028	455	1.377	184	958	271	419	1482	1998
2029	455	1.377	155	893	300	484	1781	2482
2030	455	1.377	127	827	328	550	2110	3032

Heimild: Umhverfis- og auðlindaráðuneytið (2020).

Ekki er vitað nákvæmlega hvað aðgerðin kostar. Um 8,5 milljónir króna kostaði að gera áætlunina og gert er ráð fyrir að 5 milljónir á ári kosti að fylgja henni eftir. Aðrar kostnaðartölur liggja ekki fyrir. Allar aðgerðirnar í Loftslagsstefnu Stjórnarráðsins sem hér eru skoðaðar koma fram annars staðar í aðgerðaáætlun stjórnvalda. Skipti yfir í rafbíla, samgöngubætur, meðhöndlun úrgangs og vistvæn innkaup eru allt sérliðir í aðgerðaáætlun. Það væri því tvítalning að meta þessa aðgerð sérstaklega.

18. Tækifæri í skógrækt: I.1

Úr aðgerðaáætlun

I.1 Efling skógræktar

- Skógrækt verður eflid til að auka bindingu kolefnis úr andrúmslofti og efla á sama tíma lífríki
- Sérstök áhersla verður lögð á að rækta skóg á landi þar sem kolefni losnar úr jarðvegi

Samantekt á aðgerð I.1 Efling skógræktar

Núvirtur ábati: 55 milljarðar kr.

- Bundin koltvísýringisgildi

Núvirtur kostnaður: 3 milljarðar kr.

- Gróðursetning

Nettó áhrif: 52 milljarðar kr.

Utan við líkan

- Ásýnd lands
- Áhrif á dýr og flóru

Í Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum segir að unnið verði að því að endurheimta birkiskóga og kjarrlendi, reynt verði að stöðva jarðvegseyðingu og skógrækt verði eflid (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Stefnt er að því að auka umfang skógræktar úr um 1.100 hekturum 2018 í 2.300 hektara árið 2022 (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2019). Þessar ráðagerðir eru útfærðar nánar í drögum að Landsáætlun í skógrækt 2021-2031, sem nýlega var birt. Þar kemur fram að barátta gegn loftslagsbreytingum sé í forgangi (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021, bls. 7). Forgangurinn ræður miklu um hvaða trjategundir eru einkum valdar. Fram kemur að birki sé að jafnaði hægvaðast þeirra tegunda sem notaðar séu í skógrækt á Íslandi, en alaskaösp vaxi hraðast í frjósömu landi. Sitkagreni verði stærst, en rússalerki og stafafura séu þar á milli (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021).

18.1 Deilt um leiðir í skógrækt

Í 5. grein Parísarsáttmálans eru aðildarlönd hvött til þess að varðveita og efla skóga og annan kolefnisforða. Íslendingar hafa skuldbundið sig til þess að auka ekki hreina losun frá skógrækt og annarri landnotkun frá 2021 til 2030, eins og aðrar þjóðir á Evrópska efnahagssvæðinu, en takmörkunum er háð hve mikið má draga af því sem bundið er með skógrækt frá losun frá bílum, iðnaði, úrgangi og landbúnaði (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 22. desember 2022). En þótt samningar þjóða um loftslagsmál nái aðeins að litlu leyti til bindingar með skógrækt og annarri landnotkun hafa margar þjóðir hafið skógræktaráttak til þess að berjast gegn loftslagsbreytingum. Kínverjar hyggjast rækta skóg á allt að tífoldu flatarmáli Íslands. Í júlíútgáfu Science 2019 færa átta vísindamenn rök að því að með góðu móti megi leggja 9 milljónir ferkílómetra á jörðinni undir nýjan skóg, um það bil 90-falt flatarmál Íslands (Bastin o.fl., 2017 bls. 76-79). Deilt er um hvað binda má mikið kolefni með því að rækta skóg, en í skýrslu Royal Society í Bretlandi er komist að þeirri niðurstöðu að þannig megi fanga 3-18 milljarða koltvísýringsígildistonna á ári eða 10-50% af því sem losnar af mannavöldum (The Royal Society and Royal Academy of Engineering, 2018). Skógar hafa að vísu áhrif á fleira en kolefni í andrúmsloftinu. Áhrif þeirra á endurskin af yfirborði jarðar, uppgufun og fleira kunna að vinna á móti kolefnisáhrifunum. Skógar draga úr endurkasti sólarljóss, einkum barrskógar, og því er haldið fram að norðan við 40. breiddargráðu (um miðjan Spán og Bandaríkin) leiði skógrækt til hlýnunar loftslags (Anna Guðrún Þórhallsdóttir, 2018). Loftslagsbreytingar stefna líffræðilegum fjölbreytileika á jörðinni í hættu, eins og fram kom í inngangi. Því má ætla að máli skipti að mótvægisáðgerðir auki ekki á þann vanda. Lewis og félagar (2019) benda á að 45% af áformum um vöxt skóga í heiminum um þessar mundir feli í sér að einni trjátegund sé plantað á stór svæði í hagnaðarskyni. Þegar land sé búið undir ræktun losni kolefni. Fljótvaxin tré safni síðan miklu kolefni á skömmum tíma, en þegar þau séu felld losni kolefnið aftur. Hagkvæmasta leiðin til þess að binda kolefni í langan tíma sé að taka meira land frá fyrir náttúrlega skóga í heitum löndum. Land sé víða ódýrt nærri miðbaug. Þessi leið hafi líka þann kost að líffræðilegum fjölbreytileika sé ekki ógnað. Hér á landi þrengir skógrækt að búsvæðum mófugla, en á fyrsta áratug aldarinnar var áætlað að á Íslandi væri um helmingur af stofni heiðlóu í heiminum, um 40% af heimsstofni spóa og þriðjungur sandlóu (Tómas Grétar Gunnarsson, 2006). Oft er talað um að Íslendingar beri sérstaka ábyrgð á þessum fuglategundum. Af þessum ástæðum og fleirum er ekki sama hvernig staðið er að skógrækt.

Sjálfstæðar ríkisstofnanir og ágeng tré

Í skógræktarstefnu Evrópusambandsins er lögð áhersla á að hún styðji við líffræðilegan fjölbreytileika (e. *biodiversity*), en mestu ógnir við hann eru taldar skerðing gróðursvæða og aðfluttar ágengar plöntur (Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins, 2013). Fyrir nokkru tóku Skotar að fjarlægja aðflutt tré sem plantað hafði verið á stór svæði, meðal annars þar sem skógur var fyrir (Forestry Commission Scotland, 2008). Bæði í Skotlandi og í Noregi er miklu fé varið til þess að halda sitkagreni frá vernduðum svæðum, en hún telst þar ágeng tegund (Sitkagran, 2021). Í Aðgerðaáætlun íslenskra stjórnvalda frá 2020 kemur fram að stórefla skuli samstarfsverkefni Skógræktarinnar og Landgræðslunnar (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020 bls. 143). Þar sé lögð áhersla á endurheimt birkiskóga, víðikjarrs og mólendis, svo sem í Hekluskógum. Tekið verði mið af alþjóðasamningum um líffræðilega fjölbreytni, verndun tegunda og búsvæða þeirra og verndun votlendis. Því verði ekki notaðar ágengar framandi tegundir (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020 bls. 73). En í nokkrum umsögnum um ný drög að Landsáætlun í skógrækt koma fram efasemdir um að standa eigi við þessi fyrirheit. Náttúrufræðistofnun segir að drögin séu ekki í nógu góðu samræmi við það ákvæði skógræktarlaga frá 2019 að vernda skuli líffræðilega fjölbreytni og endurheimta hana. Á samhljóm skorti við áherslur laganna í umfjöllun um framandi ágengar tegundir og hvers kyns umhverfisáhrif skógræktar. Umfjöllun um áhrif skógræktar á ásýnd lands risti ekki djúpt. Skógrækt geti sannarlega verið öflugt tæki til þess að binda kolefni, en áhersla á þetta eina markmið sé of mikil þegar um sé að ræða landnotkun á stórum skala sem hafi margvísleg áhrif á umhverfi og samfélag. Áþekk viðhorf koma fram í umsögnum náttúrufræðinga og náttúruverndarsamtaka, innlendra og erlendra, og í minnihlutaáliti tveggja fulltrúa af sjö í nefnd um landsáætlun. Í einni umsögninni kemur fram að stafafura, sitkagreni og fleiri tegundir sái sér af miklu afli út frá skógarreitum hér á landi. Á Rangárvöllum hafi stafafura kæft náttúrlegan birkiskóg á stórum svæðum (Andrés Arnalds og Sveinn Runólfsson, 2021). En í drögum að Landsáætlun segir að ágengar tegundir séu ekki notaðar í skógrækt hér á landi. Rannsóknir sem liggja fyrir bendi ekki til þess að líffræðileg fjölbreytni rýrni með skógrækt með innfluttum trjátegundum í samanburði við náttúruskóga og mólendi. Þessi skoðanaskipti bregða ljósi á einkennilegar aðstæður í íslenskri stjórnsýslu. Í áratugi hafa stofnanir á sviði landnýtingar haft ólíka afstöðu til þess hvernig fara eigi með land. Stjórnendur þeirra deila meðal annars um hvaða plöntur séu ágengar í íslenskri náttúru – og hvort þær séu yfirleitt nokkrar. Hver stofnun framfylgir sinni stefnu á „sínu“ landi, eftir því sem hún getur, og reynir eftir fremsta megni að gæta hagsmuna sinna annars staðar. Eigandinn er þó hinn sami að þeim öllum.

18.2 Niðurstöður

Í útreikningunum sem hér er lýst er aðeins horft á kolefnisbindingu með skógrækt og beinan kostnað af henni. Áhrif skógræktar á ásynd lands, náttúrlegan gróður og fuglalíf, sem verða að öllum líkindum umtalsverð, eru ekki metin til fjár. Ætlunin er að frá 2021 til 2030 verði á hverju ári gróðursett tré á 1.200 hekturum lands umfram það sem áður var ráðgert.²⁰ Í sérstöku átaki vegna Covid-19 heimsfaraldursins var ákveðið að efla skógrækt enn meira og bæta við 170 hekturum af birkiplöntum árið 2020 (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Í töflu 38 má sjá tölur um áætlað umfang gróðursetninga til ársins 2030.

Tafla 38. Umfang gróðursetningar, mælt í hekturum (ha).

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Gróðursetningar	228	839	2.081	3.323	4.565	5.807	7.049	8.291	9.533	10.775	12.017	13.259
Gróðursetningar séráttak v. covid		170										

Ríkið leggur samtals 980 milljónir króna til þess að efla skógrækt á árunum 2019 til 2022. Kostnaður er áætlaður um 300.000 krónur á hektara og þar bindast um 10 tonn af koltvísýringisgildum á ári. Þar sem tré lifa lengi og binda kolefni í mörg ár er erfitt að segja nákvæmlega til um hve mikið binst, en matið er miðað við meðaltal, þannig að binding er ofmetin fyrstu árin en þegar líður á líftíma trjáanna er hún vanmetin (Nicole Keller o.fl., 2021).

Miðað er við kolefnisverð á markaði Evrópusambandsins undanfarin ár (Ember, 2021) og spá um hækkun þess á komandi árum eins og í fyrri köflum. Gert er ráð fyrir að kolefni byrji að bindast árið eftir að tré er gróðursett. Það er gert vegna óvissu um hvenær ársins tré er plantað og vegna þess að kolefnisbinding fer hægt af stað í ungum plöntum. Kostnaður við gróðursetningu hvers árs er dreginn frá og síðan er ávinningur að frádregnum kostnaði núvirtur miðað við 5% ávöxtunarkröfu. Gert er ráð fyrir að skógur bindi kolefni í 50 ár frá gróðursetningu. Reiknað er með stöðugu ábataflæði frá 2031 til 2069 en bindingin minnki síðan jafnhvatt og hún jókst frá 2019 til 2030. Núvirði verkefnisins frá 2019 til 2080 er rúmlega 51 milljarður króna og í þeirri tölu er gert ráð fyrir að 133.000 koltvísýringstonn bindist á ári hverju eftir 2030, sjá töflu 39. Áætlað er að frá 2020 og fram til 2080 megi binda 6,7 milljónir tonna af koltvísýringi með skógrækt. Áður en áhrif af losun koltvísýrings eru metin er kostnaður á hvert tonn koltvísýrings sem sparast með aðgerðinni tæplega 600 krónur. Í töflu 40 má sjá tölur um bindingu CO₂ og virði bindingar miðað við mismunandi núvirðingarvesti.

²⁰ 1.242 ha nánar til tekið, eins og fram kemur í aðgerðaáætlun.

Tafla 39. Niðurstöður aðgerðar I.1. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður	Sparnaður CO ₂	Samtals		
	Gróðursetningar	Sparnaður vegna kolefnis sem er bundið*	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019	-68		-68		-68
2020	-234	9	-234	9	-225
2021	-373	58	-373	58	-314
2022	-373	213	-373	213	-160
2023	-373	292	-373	292	-81
2024	-373	439	-373	439	67
2025	-373	621	-373	621	249
2026	-373	815	-373	815	442
2027	-373	1.049	-373	1.049	676
2028	-373	1.289	-373	1.289	916
2029	-373	1.575	-373	1.575	1.202
2030	-373	1.861	-373	1.861	1.488
Samanlagt 2031-2080		281.004		281.004	281.004
Núvirt með 5% vöxtum			-3.011	54.530	51.519

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 40. Binding CO₂ vegna aðgerðar I.1, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingarvexti. Núvirt til 2019.

Ár	Binding CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019		3.004	3.004	3.004			
2020	2.280	3.978	3.958	3.883	9	9	9
2021	9.240	6.020	5.962	5.737	56	55	53
2022	21.660	9.112	8.980	8.477	197	195	184
2023	34.080	7.762	7.613	7.049	265	259	240
2024	46.500	8.350	8.149	7.402	388	379	344
2025	58.920	9.093	8.831	7.869	536	520	464
2026	71.340	9.611	9.289	8.119	686	663	579
2027	83.760	10.277	9.885	8.475	861	828	710
2028	96.180	10.731	10.271	8.638	1.032	988	831
2029	108.600	11.327	10.789	8.901	1.230	1.172	967
2030	121.020	11.720	11.109	8.991	1.418	1.344	1.088
Samanlagt 2031-2080	6.018.420				112.334	94.689	49.834
Samtals 2019-2080	6.672.000				119.011	101.101	55.302

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

Sem fyrr segir eru ýmis umhverfisáhrif skógræktar ekki metin til fjár í þessari skýrslu. Ekki hefur verið settur verðmiði á einstök vistkerfi hér á landi svo að vitað sé (Ingibjörg Svala Jónsdóttir, munnleg heimild 2021). Áhrif skógræktar á norðlægum slóðum á endurkast sólarljóss eru ekki heldur tekin með í reikninginn, en þau hafa lítið verið könnuð hér á landi (Brynhildur Bjarnadóttir o.fl., 2018).

Ávöxtunarkrafa þyrfti að vera tæplega 33% til þess að núvirði verkefnisins fari niður í núll. Að óbreyttri 5% ávöxtunarkröfu og öðrum forsendum þarf virði kolefnis að lækka um meira en 94% til þess að ábati af verkefninu þurrkist út.

19. Landgræðsla: I.2

Úr aðgerðaáætlun

I.2 Efling landgræðslu

- Landgræðsla eflid til að auka bindingu kolefnis úr andrúmslofti, draga úr losun gróðurhúsalofttegunda frá landi og efla á sama tíma lífríki
- Áhersla lögð á aðgerðir á landi þar sem kolefni losnar úr jarðvegi

Samantekt á aðgerð I.2 Efling landgræðslu

Núvirtur ábati: 62 milljarðar kr.

- Bundin koltvísýringsígildi

Núvirtur kostnaður: 4 milljarðar kr.

- Landgræðsla

Nettó áhrif: 58 milljarðar kr.

Utan við líkan

- Ásýnd lands
- Áhrif á lífríki

Óvída er vistkerfi eins illa farið og á Íslandi. Á þriðjungi landsins er gróðurþekja undir 20%. Landgræðsla getur stöðvað hnignun vistkerfa og hún bindur um leið kolefni. Með henni má bæta ástand vistkerfisins, binda kolefni og stöðva eyðingu jarðvegs. En vissulega má gera mistök á þessu sviði eins og öðrum.

Í áætlun um bættu landnýtingu í þágu loftlagsmála er stefnt að því að tvöfalda það svæði sem grætt er upp á ári hverju, úr 6 þúsund hekturum árið 2018 (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2019). Gert er ráð fyrir að þetta gerist í áföngum. Árið 2019 verða 7.000 hektarar ræktaðir, 8.000 hektarar 2020, 10.000 hektarar 2021 og að lokum 12.000 hektarar árið 2022. Jafnmikið verður síðan ræktað árin 2023 til 2030. Tölur um áætlað umfang landgræðslu til 2030 má sjá í töflu 41 á bls. 91.

Miklar vonir voru bundnar við lúpínu í landgræðslu

Árið 1945 flutti Hákon Bjarnason skógræktarstjóri hingað lúpínufræ frá Alaska og var því dreift hér og þar á næstu árum til þess að græða upp land. Í erindi Andrésar Arnalds á ráðunautafundi í Bændahöllinni í febrúar 1979 kom fram að jurtin hefði þurft nokkurn aðlögunartíma í nýjum heimkynnum, en hún hefði breiðst hratt út á seinni árum og nú mætti finna hana í öllum landshlutum. Hún hefði sannað gildi sitt við uppgræðslu á örfoka landi, að því gefnu af hún hogaði fyrir öðrum gróðri með tímanum. Lúpína virtist mjög álitlegur áburðarframleiðandi í skógrækt, en hún hentaði ekki vel til beitar þar sem hún væri í þéttum breiðum. Erlendis væru einærar plöntur stundum látnar forrækta ófrjósamt land og væru plönturnar síðan plægðar niður áður en öðrum gróðri væri sáð í landið. Í Alaska væri tegundin oft meðal fyrstu landnema þar sem land kæmi undan jökli og á svæðum sem hefði verið raskað, en hún hogaði jafnan fyrir grösnum, runnum og trjám. Það gæti tekið frá nokkrum árum upp í marga áratugi. Mjög mikilvægt væri að komast að því hvernig gróðurfar breyttist í lúpínubreiðum hér á landi. Verið gæti að hér vantaði heppilegar plöntutegundir til þess að taka við af lúpínunni. Athuganir væru skammt á veg komnar, en ýmislegt benti til þess að hún þrengdi sér ekki að ráði inn í annað gróðurlendi. Þar sem lúpínu hefði verði plantað í mel væri fjölbreyttari gróður í lúpínubreiðum en á melunum í kring og ykist fjölbreytnin með aldri lúpínubreiðanna (Andrés Arnalds, 1979).

Landgræðslan hóf að rækta lúpínu í stórum stíl í Gunnarsholti og víðar á Suðurlandi á níunda áratugnum. Í ágúst 1987 var farið að safna fræi með stórvirkri vél. Sérfræðingur Landgræðslunnar taldi að þetta gæti verið upphaf að stórfelldri ræktun lúpínu hér á landi. Hún gæti valdið byltingu í uppgræðslu. Hjá Rannsóknarstofnun landbúnaðarins væri unnið að því að rannsaka hvernig lúpína hagaði sér í íslensku vistkerfi. Að því loknu yrði ákveðið hvað hún yrði notuð mikið (Lúpínufræi safnað á fræðkrum með stórvirkri vél, Morgunblaðinu 9. ágúst 1987, bls. 60 og 4). Orðin benda til þess að skoða hafi átt málið af yfirvegun. Plöntunni yrði ekki dreift af auknum krafti fyrr en ljóst yrði að hægt væri með góðu móti að ráða við hana í íslenskri náttúru. En ekki leið á löngu þar til ákvörðun lá fyrir. Á síðu Náttúrufræðistofnunar kemur fram að lúpína hafi breiðst mjög út eftir 1990. Um það leyti hafi notkun hennar aukist í landgræðslu og skógrækt, auk þess sem dregið hafi úr beit. Fljótlega tók að bera á kvörtunum um að illa gengi að hemja lúpínuna (sjá t.d. Ingólfur Ásgeir Jóhannesson, 1993; Hjörleifur Guttormsson, 2001). Árið 2018 var greint frá því að Landgræðslan væri hætt að nota lúpínu í landgræðslu (Lúpínan hefur lokið hlutverki sínu, mbl.is, 16.8.2018). Sérfræðingar Náttúrufræðistofnunar telja að núna þeki hún 300-400 ferkílómetra lands á Íslandi, langmest á Suðurlandi og Norðausturlandi. Hún hafi víða breiðst inn á hálf- eða vel gróið land og hún finnist til fjalla og inni á hálendi. Nefndar eru nokkrar leiðir til þess að stemma stigu við útbreiðslunni. Einstakar plöntur megi rífa upp, en annars megi slá lúpínuna. Eitur sé neyðarúrræði. Um tíma var mikið reynt til þess að hemja lúpínu í þjóðgarðinum í Skaftafelli, en annars fer ekki miklum sögum af baráttu við hana á vegum ríkisins. Einstök sveitarfélög hafa hins vegar reynt að halda aftur af henni innan sinna marka. Á höfuðborgarsvæðinu fer hún víðast hvar sínu fram, nema á Seltjarnarnesi, þar sem ágætlega gengur að halda henni niðri.

Tafla 41. Umfang landgræðslu, mælt í hekturum (ha.).

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Árleg aukning umfangs	1.000	2.000	4.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Aukin landgræðsla	1.000	3.000	7.000	13.000	19.000	25.000	31.000	37.000	43.000	49.000	55.000	61.000

Áætlað er að hver hektari lands sem græddur er upp bindi 2,5 tonn af koltvísýringsígildum að meðaltali (Nicole Keller o.fl., 2021). Ríkið leggur alls fram til þessa átaks 760 milljónir króna á áætlunartímanum 2019 til 2022 (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020).

Miðað er við kolefnisverð á markaði Evrópusambandsins undanfarin ár (Ember, 2021) og spá um hækkun þess á komandi árum eins og í fyrri köflum. Greiðslur eru núvirtar miðað við 5% ávöxtunarkröfu til ársins 2019 og gert ráð fyrir að kolefni haldi áfram að bindast þar til 50 ár hafa liðið frá því að landið var grætt. Ábati af þessari aðgerð er rúmlega 58 milljarðar króna umfram kostnað, sjá töflu 42 á næstu síðu. Gert er ráð fyrir að eftir 2030 verði 152.500 tonn af koltvísýringsígildum bundin á ári vegna átaksins. Frá 2020 og fram til 2080 er áætlað að landgræðsla muni binda 7,6 milljónir tonna af koltvísýringi. Áður en áhrif af losun kolefnis eru metin til fjár kostar hvert tonn sem bundið er með landgræðslu um tæplega 650 krónur. Í töflu 43, á blaðsíðunni hér á eftir, má sjá tölur um bindingu CO₂ og virði bindingar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Ávöxtunarkrafan þarf að vera 30% til þess að ábati af verkefninu fari niður í núll. Að óbreyttri 5% ávöxtunarkröfu og öðrum forsendum þarf kolefnisverð að lækka um tæplega 93% til þess að ábati af verkefninu þurrkist út.

Tafla 42. Niðurstöður fyrir aðgerð I.2. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður		Samtals		
	Landgræðsla	Sparnaður vegna kolefnis sem er bundið*	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019	-90		-90		-90
2020	-180	10	-180	10	-170
2021	-360	47	-360	47	-313
2022	-540	172	-540	172	-368
2023	-540	278	-540	278	-262
2024	-540	449	-540	449	-91
2025	-540	659	-540	659	119
2026	-540	885	-540	885	345
2027	-540	1.158	-540	1.158	618
2028	-540	1.441	-540	1.441	901
2029	-540	1.776	-540	1.776	1.236
2030	-540	2.114	-540	2.114	1.574
Samanlagt 2031-2080		323.796		323.796	323.796
Núvirt með 5% vöxtum			-4.040	62.181	58.141

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 43. Binding CO₂ vegna aðgerðar I.2, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingartexti. Núvirt til 2019.

Ár	Binding CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019		3.004	3.004	3.004			
2020	2.500	3.978	3.958	3.883	10	10	10
2021	7.500	6.020	5.962	5.737	45	45	43
2022	17.500	9.112	8.980	8.477	159	157	148
2023	32.500	7.762	7.613	7.049	252	247	229
2024	47.500	8.350	8.149	7.402	397	387	352
2025	62.500	9.093	8.831	7.869	568	552	492
2026	77.500	9.611	9.289	8.119	745	720	629
2027	92.500	10.277	9.885	8.475	951	914	784
2028	107.500	10.731	10.271	8.638	1.154	1.104	929
2029	122.500	11.327	10.789	8.901	1.388	1.322	1.090
2030	137.500	11.720	11.109	8.991	1.612	1.528	1.236
Samanlagt 2031-2080	6.917.500				129.048	108.722	57.122
Samtals 2019-2080	7.625.000				136.327	115.708	63.064

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

20. Endurheimt votlendis: I.3

Úr aðgerðaáætlun

I.3 Endurheimt votlendis

- Endurheimt votlendis verður eflid til þess að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda, bæta vatnsmiðlun og ýta undir fjölbreytileika fuglalífs
- Rannsóknir á árangri aðgerða og áhrifum þurrkunar votlendis á losun gróðurhúsalofttegunda verða einnig eflidar

Samantekt á aðgerð I.3 Endurheimt votlendis

Núvirtur ábati: 41 milljarðar kr.

- Minni losun CO₂

Núvirtur kostnaður: 1 milljarður kr.

- Fylling skurða

Nettó áhrif: 40 milljarðar kr.

Utan við líkan

- Vatnsmiðlun
- Áhrif á fuglalíf

Frá 2016 til 2018 voru 45 hektarar af votlendi endurheimtir á ári hér á landi að jafnaði, en stefnt er að því að heimta aftur 500 hektara á ári frá 2022. Að auki voru 150 hektarar endurheimtir árið 2020 vegna sérstaks fjárfestingarátaks ríkisstjórnarinnar vegna Covid-19 heimsfaraldursins (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020). Tölur um áætlað umfang þess votlendis sem á að endurheimta má sjá í töflu 44.

Tafla 44. Umfang endurheimts votlendis, mælt í hekturum (ha).

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Endurheimt votlendis	100	300	500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	5.000
Endurheimt votlendis séráttak v. covid		150										

Mýrar ræstar fram með stuðningi úr ríkissjóði

Áætlað hefur verið að fram á síðustu öld hafi mýrar verið 8-10 þúsund km² hér á landi, eða 30-40% gróins lands. Þangað sóttu menn mó til upphitunar og mýrarrauða til járngerðar. Heyjað var á mýrlendi og það nýtt til beitar. Á árunum 1880-1940 var vatni víða veitt á þurrar mýrar til þess að auka uppskeru. En mýrlendi nýtist ekki jafnvel til beitar og heyskapar og tún. Tilraun var gerð til að ræsa fram mýri hér á landi á 18. öld en framhald varð ekki á því fyrr en nokkuð var liðið á 20. öld. Á fjórða áratug 20. aldar fóru menn að grafa skurði með handskóflum til þess að ræsa fram mýrar og á fimmta áratugnum var farið að beita vélum til að þurrka upp votlendi í stórum stíl. Ríkið styrkti framræslu mýra frá upphafi í samræmi við jarðræktarlög frá 1923. Frá 1950 til 1980 voru að jafnaði grafnir átta hundruð til þúsund kílómetrar af skurðum á ári. Heldur hægði á greftinum á níunda áratugnum, einkum eftir 1985, en árin 1980-1988 voru þó að jafnaði grafnir ríflega 5 hundruð kílómetrar á ári. Samtals er talið að um 420 þúsund hektarar af votlendi hafi verið ræstir fram á seinni hluta síðustu aldar, eða um 46% alls votlendis á Íslandi. Framræslan skilaði sér í stærri túnum og meiri beit, en ekki fór hjá því að slík inngrip hefðu áhrif á lífríkið (Borgþór Magnússon og Sturla Friðriksson, 1989).

Á gamlársdag 1970 birti Halldór Laxness grein í Morgunblaðinu, sem hann nefndi *Hernaðinn gegn landinu*. Þar deilir hann á framræslu mýra sem styrkt sé af ríkinu:

Þúsundir hektara af mýrum standa nú með opnum skurðum sem ristir hafa verið í þeim tilgáangi að draga úr landinu alt vatn; síðan ekki söguna meir: ef til vill var aldrei meiningin í alvöru að gera úr þessu tún. Fer ekki að verða mál til að verðlauna menn fyrir að moka ofaní þetta aftur?

Á næstu árum birtust greinar eftir náttúrufræðinga um verndun votlendis og náttúruverndarsamtök sendu frá sér ályktanir um málið. Það var síðan ekki fyrr en undir lok aldarinnar sem athyglin beindist að áhrifum framræslunnar á lofthjúp jarðar. Langur tími leið frá því að Halldór Laxness ritaði grein sína þar til hætt var að styrkja framræslu mýrlendis úr ríkissjóði. En merkilegra er kannski að heill áratugur leið frá því að stjórnvöld tóku að beita sér fyrir því að dregið yrði úr búvöruframleiðslu þar til framræslustyrkirnir voru aflagðir. Árið 1979 snerist ríkisvaldið gegn offramleiðslu í landbúnaði með framleiðsluráðslögunum (Guðmundur Stefánsson, 1998). Árið 1989 var ákvæði um ríkisstuðning við framræslu mýra fellt úr jarðræktarlögum (lög nr. 65, 29. maí 1989). Enn liðu áratugir þar til farið var að borga mönnum fyrir að moka aftur ofan í skurðina.

Mokað verður í skurði sem grafnir voru til þess að ræsa fram land. Landsvæðið breytist þá aftur í votlendi og minna losnar af gróðurhúsalofttegundum úr jarðveginum. Á hverjum hektara af endurheimtu votlendi má gera ráð fyrir að losun dragist að meðaltali saman um 20 tonn af koltvísýringisígildum á ári. Þá er ótalin ávinningur í formi fjölbreytts fuglalífs og bættrar vatnsmiðlunar. Áætlað er að um 250.000 krónur kosti að endurheimta hvern hektara votlendis (umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2020).

Kostnaður og ábati eru núvirtir með 5% raunávöxtunarkröfu til ársins 2019 og gert ráð fyrir að losun verði áfram minni en ella eftir að spátímanum lýkur þar til 50 ár hafa liðið frá því að votlendið var endurheimt. Miðað er við kolefnisverð á markaði Evrópusambandsins undanfarin ár (Ember, 2021) og spá um hækkun þess á komandi árum eins og í fyrri köflum. Ábati af þessari aðgerð er tæplega 40 milljarðar króna umfram kostnað, sjá töflu 45 hér fyrir neðan, og gert er ráð fyrir að frá 2030 losni 100.000 tonnum minna en ella af koltvísýringsígildum á ári hverju. Á árunum 2020 til 2080 er áætlað að endurheimt votlendis muni leiða til samdráttar í losun koltvísýrings um 5 milljónir tonna. Áður en horft er til ábata af samdrætti í losun er kostnaður á hvert tonn sem sparast rúmlega 300 krónur. Í töflu 46, á næstu síðu, má sjá tölur um samdrátt í losun CO₂ og virði minni losunar miðað við mismunandi núvirðingarvexti.

Ávöxtunarkrafa þarf að fara yfir 50% til þess að ábati af verkefninu þurrkist út. Að óbreyttri 5% ávöxtunarkröfu og öðrum forsendum þarf kolefnisverð að lækka um u.þ.b. 98% til þess að ábatinn hverfi.

Tafla 45. Niðurstöður fyrir aðgerð I.3. Fjárhæðir eru í milljónum króna og á verðlagi ársins 2019. Upphæðir núvirtar til 2019 í neðstu röð töflunnar.

Ár	Kostnaður	Sparnaður CO ₂	Samtals		
	Endurheimt votlendis	Sparnaður vegna minni losunar CO ₂ *	Kostnaður	Ábati	Nettó áhrif
2019	-25		-25		-25
2020	-88	8	-88	8	-79
2021	-50	38	-50	38	-12
2022	-125	98	-125	98	-27
2023	-125	171	-125	171	46
2024	-125	283	-125	283	158
2025	-125	422	-125	422	297
2026	-125	571	-125	571	446
2027	-125	751	-125	751	626
2028	-125	938	-125	938	813
2029	-125	1.160	-125	1.160	1.035
2030	-125	1.384	-125	1.384	1.259
Samanlagt 2031-2080		212.726		212.726	212.726
Núvirt með 5% vöxtum			-953	40.747	39.794

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum.

Tafla 46. Samdráttur í losun CO₂ vegna aðgerðar I.3, magn og virði m. v. mismunandi núvirðingartexti. Núvirt til 2019.

Ár	Samdráttur í losun CO ₂ (tonn)	Núvirði CO ₂ (kr./tonn)*			Núvirtur sparnaður vegna minni losunar CO ₂ (milljónir kr.)		
		2,5%	3%	5%	2,5%	3%	5%
2019		3.004	3.004	3.004			
2020	2.000	3.978	3.958	3.883	8	8	8
2021	6.000	6.020	5.962	5.737	36	36	34
2022	10.000	9.112	8.980	8.477	91	90	85
2023	20.000	7.762	7.613	7.049	155	152	141
2024	30.000	8.350	8.149	7.402	250	244	222
2025	40.000	9.093	8.831	7.869	364	353	315
2026	50.000	9.611	9.289	8.119	481	464	406
2027	60.000	10.277	9.885	8.475	617	593	509
2028	70.000	10.731	10.271	8.638	751	719	605
2029	80.000	11.327	10.789	8.901	906	863	712
2030	90.000	11.720	11.109	8.991	1.055	1.000	809
Samanlagt 2031-2080	4.542.000				84.719	71.367	37.481
Samtals 2019-2080	5.000.000				89.433	75.890	41.326

* Miðað við verð á tonni CO₂ á ETS markaði og spá um verðhækkun á komandi árum. Sjá spá í töflu 3.

21. Helstu niðurstöður

Tafla 47 á næstu blaðsíðu sýnir niðurstöður loftslagsaðgerða sem hefjast á árunum 2019 til 2030, en áhrif aðgerðanna teygjast lengra fram í tímann. Litið er á stuðning við kaup á rafmagnsbílum til 2030, en taflan sýnir áhrif aðgerðanna meðan bílarnir endast, miðað við að skattlagning á rafmagni breytist ekki. Metinn er kostnaður og ábati af því að gróðursetja tré á árunum 2019-2030, en í matinu tekjufærum við bindingu kolefnis á meðan trén lifa. Í fyrsta dálki má sjá núvirtan afgang eða halla á hverri aðgerð miðað við 5% raunávöxtunarkröfu, markaðsverð á tonni af koltvísýringsígildum á Evrópumarkaði fram á þennan dag og spá um það á komandi árum og aðrar forsendur sem gerð er grein fyrir í köflunum hér að framan. Afgangur af gerð göngu- og hjólreiðastíga í efstu línu er 333 milljónir króna miðað við þessar forsendur. Annar dálkur sýnir hvað gert er ráð fyrir að losun minnki um mörg tonn koltvísýringsígilda með hverri aðgerð. Með gerð göngu- og hjólreiðastíga minnkar losun um tæplega 170 þúsund tonn koltvísýringsígilda. Þriðji dálkurinn sýnir við hvaða ávöxtunarkröfu við fáum hvorki ábata né halla. Ef krafan hækkar úr 5% í 5,3% og aðrar forsendur breytast ekki kemur gerð göngu- og hjólreiðastíga út á sléttu. Síðasti dálkurinn sýnir hvað verð á losunarheimildum þarf að breytast mikið til þess að niðurstaðan verði núll. Í efstu röð er talan 0,80. Það þýðir að verð á losunarheimildum þarf að öðru óbreyttu að lækka um 20% til þess að gerð göngu- og hjólreiðastíga komi út á núlli. Verð á losunarheimildum hefur hækkað hratt undanfarin ár og reiknað er með að það geri það áfram, en ef allar verðtölur, nú, fyrr og síðar, lækka um 20% fæst þessi niðurstaða.

Borgarlína er mjög nálægt því að koma út á sléttu miðað við gefnar forsendur um ávöxtunarkröfu og verð á losunarheimildum. Ekki þarf að hnika raunávöxtunarkröfu mikið til svo að gerð göngu- og hjólreiðastíga komi út á sléttu, en krafan þarf að breytast mikið til þess að mat á öðrum aðgerðum breytist. Þá þarf verð á losunarheimildum ekki að hækka mikið til þess að bann við að urða lífrænan úrgang komi út á sléttu miðað við neðri kostnaðarmörk. Annars staðar þarf verðmatið að breytast mikið til þess að við fáum aðra niðurstöðu um ábata eða tap.

Taflan gefur yfirlit um áhrif aðgerðanna, en ýmsa fyrirvara verður að hafa um niðurstöðurnar. Til dæmis er ekki víst að raflínur ráði alltaf við að flytja nóga orku fyrir skip í höfnum. Rétt er að skoða vel umfjöllun um einstakar aðgerðir.

Ef aðeins er lagt í þær aðgerðir sem hér eru taldar hagkvæmar er óvíst að Íslendingar standi við fyrirheit um að draga úr losun, sem þeir hafa gefið öðrum þjóðum. Þó nokkuð virðist í að þeir standi við yfirlýsingar um losun sem stjórnvöld hafa gefið upp á sitt eindæmi. Stundum er hægt að ganga lengra en ráðgert er í hagkvæmum aðgerðum. Til dæmis virðist vera óhætt að leggja á þó nokkru hærra kolefnisgjald en hugmyndir eru um.

Tafla 47. Samantekt á niðurstöðum skýrslu. Fjárhæðir eru á verðlagi ársins 2019.

Aðgerð	Núvirt niðurstaða (milljónir kr.)	Samdráttur í losun CO ₂ yfir líftíma aðgerðar (tonn)	Ávöxtunarkrafa sem gefur hlutlausa niðurstöðu	Margfeldi á verð CO ₂ sem gefur hlutlausa niðurstöðu
A.1 & A.2 Efling virkra ferðamáta	333	169.073	5,3%	0,80
A.3 Borgarlína	-37	51.131	5%	1
A.4 & A.5 Stuðningur við kaup á vistvænum bílum	-38.785	2.179.402	Aðgerð óhagkvæm óháð ávöxtunarkröfu	6
A.10 Kaup ríkis á vistvænum bifreiðum	-332	20.853	2%	3
B.2 Rafvæðing hafna	32.076	869.897	61%	Aðgerð hagkvæm óháð verðmati á CO ₂
B.3 Bann við notkun svartolíu	Ekki metið	Ekki metið	Ekki metið	Ekki metið
B.4 Orkuskipti í ferjum	6.892	174.852	37%	Aðgerð hagkvæm óháð verðmati á CO ₂
B.5 Orkuskipti í skipum á vegum ríkisins	Ekki metið	Ekki metið	Ekki metið	Ekki metið
C.1 Föngun kolefnis frá jarðvarmavirkjunum	6.333	950.000	Ekki nægar upplýsingar	0,27
C.2 Rafvæðing fiskimjòlsverksmiðja	875	152.610	14%	0,34
D.1 & D.2 Hætt að nota flúrgös	16.789	2.305.812	19%	0,13
E.3 Innlend grænmetisframleiðsla	-1.357	28.798	Aðgerð óhagkvæm óháð ávöxtunarkröfu	7
F.2 Bann við urðun lífræns úrgangs	-214 til -4.753	772.694	Aðgerð óhagkvæm óháð ávöxtunarkröfu	1,04 - 1,79
G.1 Kolefnisgjald	3.737	659.288	Aðgerð hagkvæm óháð ávöxtunarkröfu	0,23
G.9 Loftslagsstefna Stjórnarráðsins*	Ekki metið	Ekki metið	Ekki metið	Ekki metið
I.1 Skógrækt	51.519	6.672.000	33%	0,06
I.2 Landgræðsla	58.141	7.625.000	30%	0,07
I.3 Endurheimt votlendis	39.794	5.000.000	52%	0,02

* Samdráttur í losun tekur mið af færri flugferðum erlendis.

22. Félagsleg áhrif loftslagsaðgerðanna

Aðgerðirnar hafa ekki sömu áhrif á alla landsmenn. Hér á eftir er horft á áhrif þeirra á fólk eftir tekjum þess, búsetu, kyni og aldri.

22.1 Forsendur við mat á áhrifum á tekjuhópa

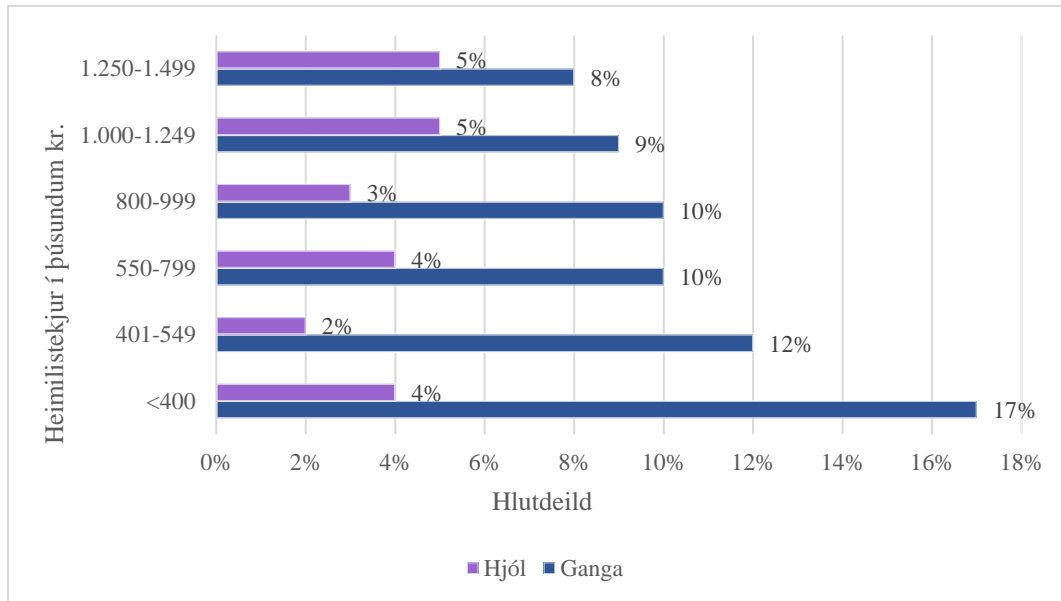
Hér á eftir er nokkrum sinnum horft á ráðstöfunartekjur eftir fjórðungi. Miðgildi ráðstöfunartekna í fyrsta fjórðungi var 5,5 milljónir króna á ári og miðgildi ráðstöfunartekna í fjórða fjórðungi var 14,7 milljónir króna (Hagstofa Íslands, 2017).²¹ Ef hlutfall tekna í fyrsta fjórðungi af tekjum í fjórða fjórðungi hækkar eykst jöfnuður, en ef hlutfallið lækkar minnkar jöfnuður. Miðað er við að í meðalheimili séu 1,8 fullorðnir sem hafi tekjur og greiði reikninga heimilisins. Gögn um ráðstöfunartekjur eru úr lífshjararannsókn Hagstofunnar frá 2016, en þær eru hér framreiknaðar til ársins 2019 miðað við launavísitölu.

22.2 Hjólastígar nýtast körlum með háar tekjur, göngustígar nýtast tekjulágum konum

Göngu- og hjólastígar henta helst til ferða til vinnu ef ekki er of langt þangað. Flestir starfa nálægt miðri byggð og því hafa þeir sem eiga heima miðsvæðis mest gagn af stígunum. Virðisaukaskattur hefur verið felldur niður af öllum reiðhjólum, rafmagnsreiðhjólum og rafskútum. Rafmagnshjól kosta frá 300 þúsund krónum og reiðhjól kosta flest á bilinu frá 80 til 200 þúsund krónur. Miklu getur munað um virðisaukaskattinn fyrir fólk með litlar tekjur.

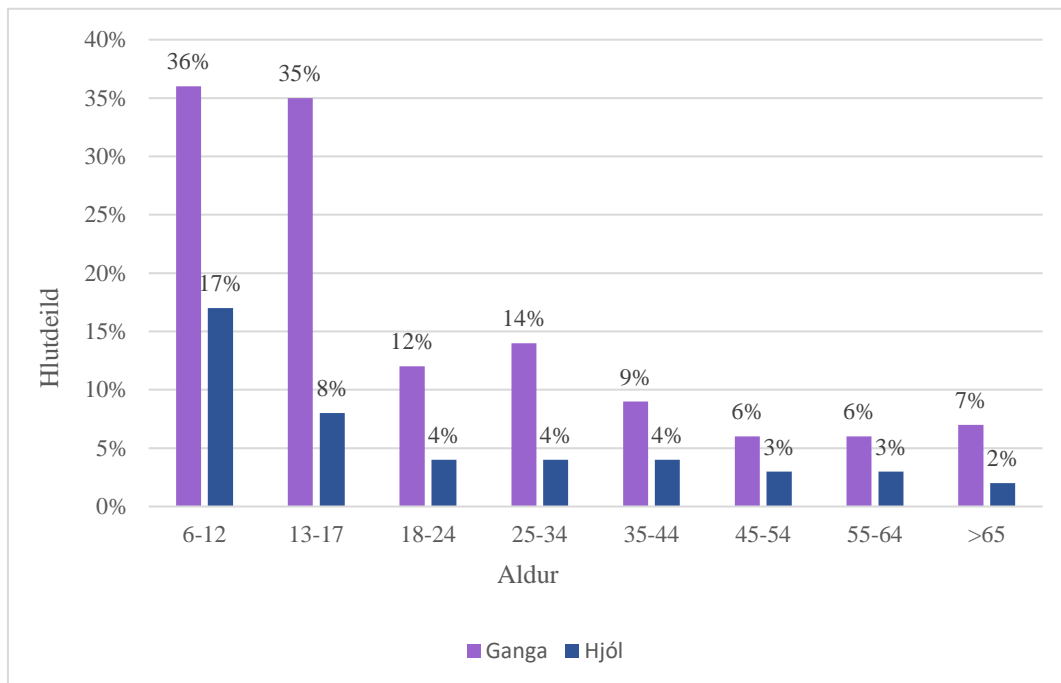
Ferðavenjukönnun sýnir að fólk með háar tekjur hjólar ögn meira en lægri tekjuhópar, en munurinn er ekki mikill, eins og sjá má á mynd 6. Augljósara samband er milli tekna og þess hvort fólk fer ferða sinna gangandi. Í lægsta tekjuhópnum ganga 17% en aðeins 8% í hæsta tekjuhópnum (Gallup, 2020). Sérstakir hjólastígar nýtast tekjuháum líkast til heldur betur en öðrum, en ekki fer milli mála að tekjulitlir hafa mest not fyrir göngustígana.

²¹ Miðgildi ráðstöfunartekna í fyrsta tekjufjórðungi er 5.496.549 kr. og í þeim fjórða 14.701.913 kr.

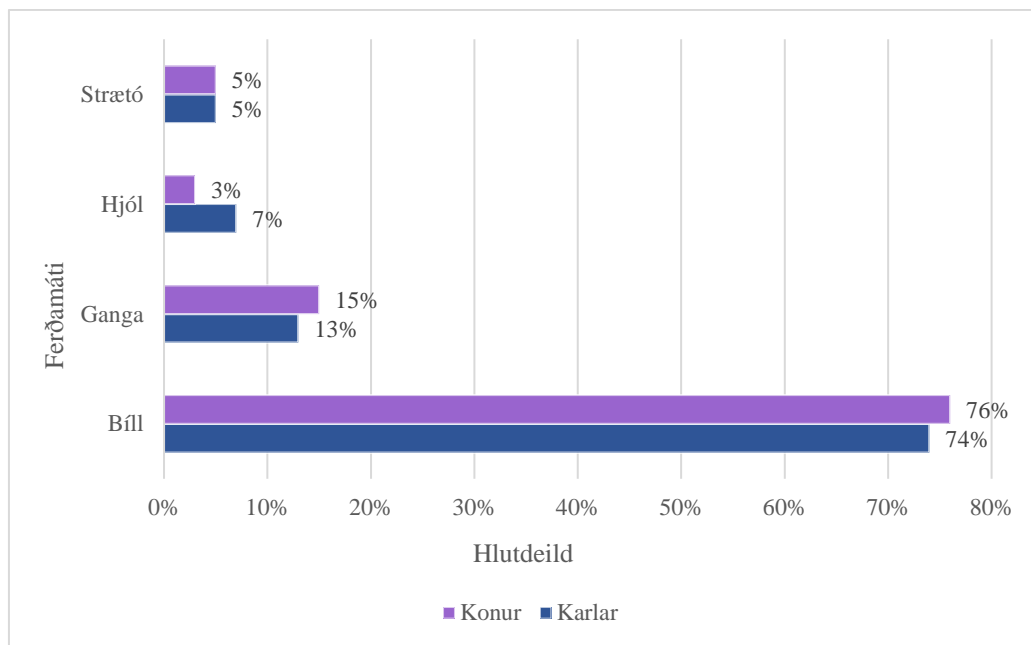


Mynd 6. Hlutdeild gangandi og hjólandi eftir tekjum á mánuði. Upplýsingar úr ferðavenjukönnun 2019 fyrir allt landið.

Á mynd 7 sést að með hækkandi aldri minnkar hlutdeild þeirra sem ganga og hjóla. Á mynd 8, á næstu síðu, má sjá hvernig ferðir skiptast eftir kyni. Mun fleiri karlar hjóla en konur, eða 7% karla á móti 3% kvenna. Á móti ganga álíka margir karlar og konur og ekki munar heldur miklu á notkun kynja á strætisvögnum (Gallup, 2020).



Mynd 7. Hlutdeild gangandi og hjólandi eftir aldri. Upplýsingar úr ferðavenjukönnun 2019 fyrir höfuðborgarsvæðið.

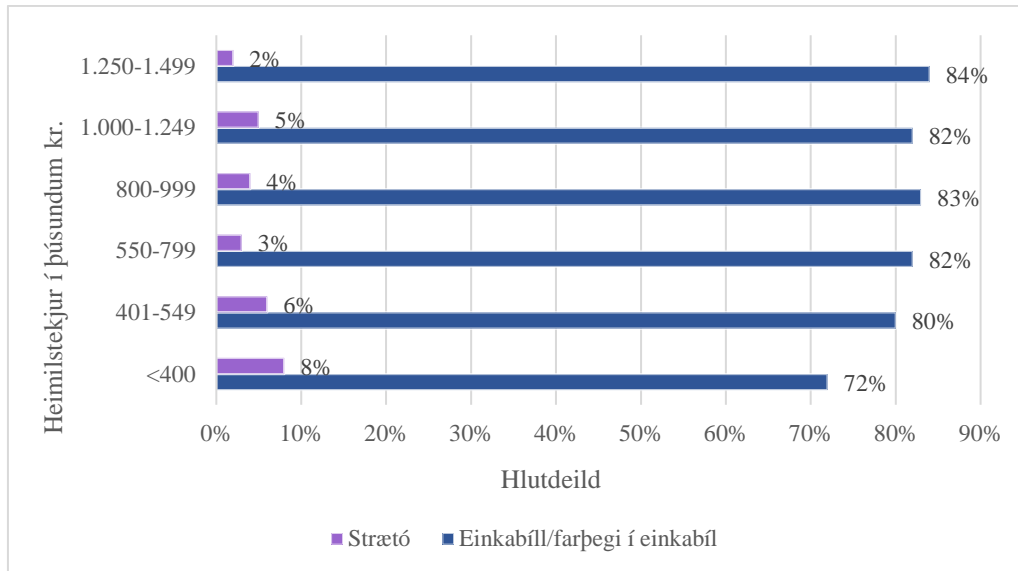


Mynd 8. Skipting ferðamáta eftir kyni. Upplýsingar úr ferðavenjukönnun 2019 fyrir Höfuðborgarsvæðið.

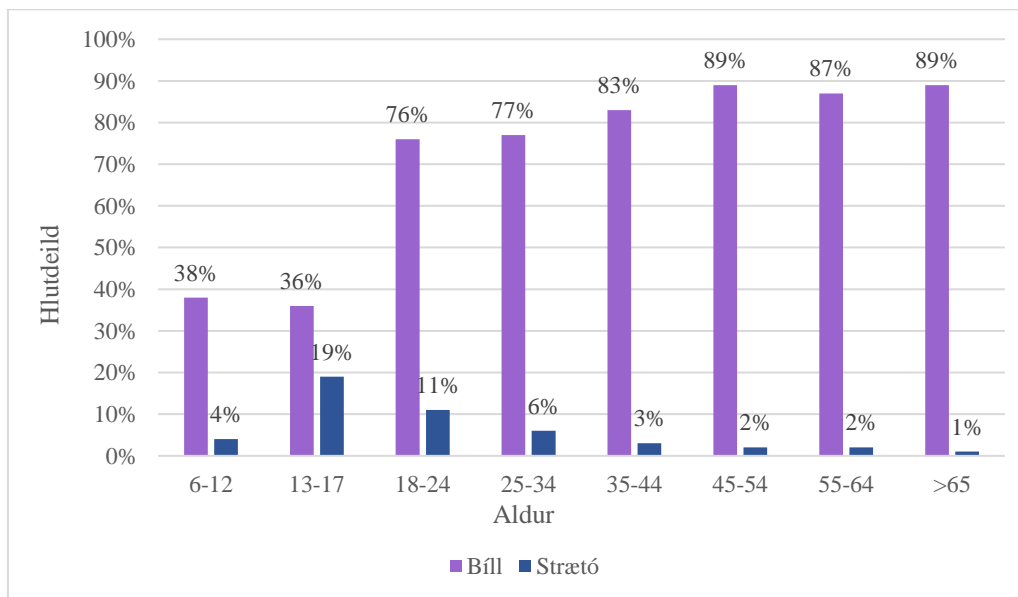
22.3 Almenningsgangur nýtast best borgarbúum með lágar tekjur

Efling almenningsgangna hefur aðallega áhrif á íbúa höfuðborgarsvæðisins. Fyrstu þrjár lotur borgarlínunnar eru í Reykjavík og Kópavogi. Þær nýtast því helst þeim sem eiga heima þar. Mun ódýrara er að ferðast með almenningsgangnum en með einkabíl. Félag íslenskra bifreiðaeigenda (2021) hefur áætlað að um 1,2 milljónir króna kosti að reka bifreið af minnstu (og ódýrustu) gerð í eitt ár. Það eru um 22% af ráðstöfunartekjum fólks í lægsta tekjufjórðungnum. Til samanburðar kostar árskort hjá Strætó 80.000 krónur.

Hlutdeild þeirra sem ferðast með strætó er um 8% í lægsta tekjuhópnum, þar sem fjölskyldutekjur eru undir 400 þúsund krónum, en aðeins 2% í hæsta tekjuhópnum, þar sem tekjur eru yfir 1.250 þúsund krónum, samanber mynd 9. Menn nota Strætó minna þegar tekjur aukast, en sambandið er reyndar ekki alveg samfellt. Einkum eru það hæstu og lægstu tekjuhóparnir sem skera sig úr. Fólk með mestar tekjur notar almenningsgangur lítið og fólk með hálfa milljón og minna í heimilistekjur á mánuði ferðast oftast með strætisvagni (Gallup, 2020). Augljós tengsl eru milli aldurs og notkunar almenningsgangna í ferðavenjukönnun, samanber mynd 10. Ungmenni taka helst strætó en þegar æviárum fjölgar ferðast fólk frekar með einkabíl.



Mynd 9. Hlutdeild almenningssamgangna og einkabíls eftir tekjuhópum. Upplýsingar úr ferðavenjukönnun 2019 fyrir allt landið.



Mynd 10. Hlutdeild almenningssamgangna og einkabíls eftir aldri. Upplýsingar úr ferðavenjukönnun 2019 fyrir höfuðborgarsvæðið.

Verkfræðistofan Efla hefur gert úttekt á ferðavenjum og viðhorfum til almenningssamgangna á höfuðborgarsvæðinu. Þar skýra búseta og bílaeign helst notkun strætisvagna. Þeir sem búa miðsvæðis nota mun frekar strætó en íbúar í úthverfum. Eftir því sem bílum fjölgar á heimili fækkar strætóferðum mikið (Daði Baldur Ottósson o.fl., 2019).

Paulley o.fl. skoða gögn um tengsl tekna, bílaeignar og ferða með almenningssamgöngum í Bretlandi. Þegar tekjur aukast ferðast menn meira, en fleiri kaupa sér þá líka bíl og nota þá almenningssamgöngur minna. Þegar tekjur aukast um 1% fækkar ferðum með strætisvögnum um ½-1% til langs tíma lítið (Paulley o.fl., 2006). Erlendar rannsóknir sýna einnig að það getur valdið vanda hjá fólki með litlar tekjur að almenningssamgöngur eru stopular úr úthverfum, þar sem ódýrast er að búa, og í miðborgir, þar sem mesta vinnu er að fá (Currie, 2010; Litman, 2014).

22.4 Ívilnanir fyrir ökutæki sem ekki menga ýta fremur undir ójöfnuð

Aðgerðir stjórnvalda flýta fyrir orkuskiptum í akstri. Fleiri hafa tök á því að kaupa rafbíla en ella. En þrátt fyrir niðurgreiðslur eru þeir enn dýrari en aðrir bílar í innkaupum. Á móti kemur að ódýrara er að reka rafbíl en bensín- eða dísilbíl. Líklegt er að fyrst um sinn ýti aðgerðirnar fremur undir ójöfnuð þar sem fólk með litlar tekjur á erfitt með að kaupa nýja rafbíla. Þeir kosta frá um 4 milljónum króna og upp úr, en miðgildi ráðstöfunartekna neðsta tekjufjórðungs er um 5,5 milljónir á ári. Því er líklegt að margir í þeim hópi kjósi fremur notaða bíla. Enn eru flestir rafbílar nýlegir og lítil reynsla af endursölu, en gera má ráð fyrir að eftir því sem fleiri rafbílar fari í endursölu jafnist aðstöðumunurinn og þeir verði hagkvæmari kostur fyrir fólk með lítil efni.

Hraðhleðslustöðvar greiða leið rafbíla um landið allt og auðvelda íbúum utan höfuðborgarsvæðisins að eiga slíka bíla. Engu að síður er óvíst að rafbílar séu hentugur kostur í dreifbýli. Þar þarf oft að sækja aðföng um langan veg og vegir eru ekki allir malbikaðir. Auk þess eru bílar í dreifbýli oft látnir draga kerrur eða þungan búnað. Ekki ráða allir rafmagnsbílar við það. Íbúar í dreifbýli eyða stærri hluta tekna sinni í ferðir en þéttbýlisbúar. Um þessar mundir fara um 16% tekna í ferðir og flutninga hjá íbúum í dreifbýli en 14% tekna fólks á höfuðborgarsvæðinu (Hagstofan, 2021h). Þetta bil gæti minnkað þegar hlutdeild rafbíla eykst, því að þeir eru ódýrir í rekstri.

22.5 Kaup ríkis á skaðlitlum bílum snerta fáa

Þessi aðgerð hefur tiltölulega lítil áhrif á almenning en vonast er til þess að orkuskipti í bílaflota ríkisins smiti út frá sér. Með tímanum gætu tekjulágir eignast ríkisbíla í endursölu.

22.6 Raftenging í höfnum stuðlar að lægra verði á innfluttum vörum og betri hag útgerðar

Ódýrara verður að reka skip þegar raftenging verður almennt í boði í höfnum. Langstærstu notendur hafnanna eru flutningaskip, gáma- og tankskip, en þar á eftir eru fiskiskip. Samtals eru þessar tegundir skipa um 90% notendanna (Faxaflóahafnir, 2021). Þar sem stærsti hluti ábata af raftengingu fer til sjóflutninga nýtist hann þeim best sem kaupa mest af innfluttum vörum. Útgerðin nýtur góðs af bættum hag fiskiskipa.

22.7 Orkuskipti í ferjum koma íbúum í grennd vel

Ódýrara virðist vera að knýja ferjur með rafmagni en olíu. Ef minni rekstrarkostnaður skilar sér í lægra fargjaldi njóta íbúar í grennd við ferjurnar þess mest. Straumur ferðamanna gæti líka aukist og byggðin styrkst við það.

22.8 Aukin innlend grænmetisframleiðsla skapar störf fyrir ungt fólk á Suðurlandi

Atvinnutækifærum fjölgar í landbúnaði og byggingariðnaði þegar meira er ræktað af grænmeti, einkum á Suðurlandi. Atvinnuleysi utan höfuðborgar er mest meðal ungs fólks og sumir í þeim hópi gætu fundið sér vinnu við að framleiða grænmeti eða smíða gróðurhús (Hagstofa Íslands, 2021i). Á árunum 2019 og 2020 fjölgaði störfum í landbúnaði, skógrækt og fiskveiðum og virðast þau vera eftirsótt. Engin laus störf voru í þessum greinum á þessum tíma (Hagstofa Íslands, 2021j).

Óvíst er að stuðningur við innlenda grænmetisframleiðslu hafi nein áhrif á grænmetisverð. Þar fyrir utan munar ekki miklu á hlut grænmetis í neyslu eftir tekjufjórðungum. Fyrsti (tekjulægsti), annar og þriðji tekjufjórðungur ver 1,2% af neyslu í grænmeti og kartöflur en sá fjórði (tekjuhæsti) 1% (Hagstofa Íslands, 2018). Aðgerðirnar hafa því sennilega lítil áhrif á kjör fólks eða jöfnuð.

22.9 Bann við urðun lífræns úrgangs gæti snert tekjulitla meira en aðra

Ef ekki má urða lífrænan úrgang frá heimilum þarf að fleygja honum í sérstaka brúna tunnu. Samkvæmt gjaldskrá Reykjavíkurborgar kostar um það bil 11.550 krónur á ári að hafa brúna tunnu við heimili og er gjaldið óháð tekjum. Meira munar því um það á lágtekjuheimilum en öðrum. Gjaldið er að vísu lág miðað við ráðstöfunartekjur, svo að hlutfall ráðstöfunartekna tekjulægsta fjórðungs af tekjum þess tekjuhæsta lækkar aðeins um 0,07%; úr 37,39% í 37,32%.

Í boði er að skipta venjulegri 240 lítra grárri tunnu út fyrir 120 lítra spartunnu. Að jafnaði kostar jafnmikið að hafa eina 240 lítra gráa tunnu og 120 lítra spartunnu og brúna tunnu saman (Guðrún o.fl., 2021; Gjaldskrá fyrir meðhöndlun úrgangs í Reykjavíkurborg, nr.1472/2020). Hægt er að komast hjá aukakostnaði við brúna tunnuna ef gráu tunnunni er skipt út fyrir spartunnu. Þar sem stór hluti úrgangs, sem fer í gráu tunnuna, er lífrænn má vel vera að heimili þurfi ekki eins stóra gráa tunnu og áður. Ef allir kjósa spartunnu með brúnni tunnu hefur aðgerðin engin áhrif á jöfnuð. Tekjulágir hafa meiri hvata til þess að forðast þennan kostnað en aðrir og því má ætla að þeir kjósi þessa leið fremur en aðrir. Ef lágtekjufólk kys spartunnu en hátekjufólk sleppir því eykst hlutfall ráðstöfunartekna tekjulægsta fjórðungs af ráðstöfunartekjum þess tekjuhæsta um 0,04%; úr 37,39% í 37,42%. Áhrif þessarar aðgerðar á tekjujöfnuð fara þannig eftir því hvernig fólk bregst við henni.

22.10 Kolefnisgjöld leggjast einna þyngst á lágtekjufólk

Að jafnaði fara 7,8% af neysluútgjöldum tekjulægsta fjórðungs þjóðarinnar í rekstur ökutækja. Tekjuhæsti fjórðungurinn eyðir um 7% í þennan útgjaldaflokk. Þetta þýðir að kolefnisgjöld vega þyngra í efnahag tekjulágra heimila. Í heild kaupir tekjulægsti fjórðungurinn 24% af öllu eldsneyti sem heimili kaupa en sá tekjuhæsti um 27%. Við gerum ráð fyrir að kolefnisgjöld skiptist í þessum hlutföllum. Árið 2030 hafa ráðstöfunartekjur tekjulægsta fjórðungsins minnkað um 0,30% vegna hækkunar kolefnisgjalds, en tekjur þess tekjuhæsta um 0,13%. Ráðstöfunartekjur tekjulægsta fjórðungsins sem hlutfall af ráðstöfunartekjum þess tekjuhæsta lækka um 0,06%; úr 37,39% í 37,32%. Kolefnisgjöld verða með öðrum orðum til þess að ójöfnuður eykst lítillega.

Rekstur ökutækja vegur þyngra í heildarneyslu á landsbyggðinni en á höfuðborgarsvæðinu. Á höfuðborgarsvæðinu ver fólki um 6,5% af neysluútgjöldum sínum í rekstur ökutækja, í öðru þéttbýli er hlutfallið 7,3% og í dreifbýli er það 9,7% (Hagstofa Íslands, 2018). Kolefnisgjöld bitna því verr á íbúum landsbyggðarinnar en borgarbúum.

22.11 Skógrækt, landgræðsla og endurheimt votlendis veitir vinnu í dreifbýli

Gera má ráð fyrir að efling skógræktar, landgræðslu og endurheimt votlendis verði til þess að fjölga atvinnutækifærum til sveita. Vinnan er að vísu að nokkru leyti árstíðabundin, ekki síst skógrækt. Best er að stunda skógrækt að vori eða í byrjun sumars. Vinnuna inna oft af hendi bændur, sem dregið hafa úr sauðfjárrækt á landi sínu eða skortir verkefni af öðrum sökum, eða sjálfboðaliðar á vegum ýmissa stofnana, svo sem European Volunteer Service og Skógræktarfélag Íslands (Skógræktarfélag Íslands, 2021).

Endurheimt votlendis gæti leitt til minni heyfengs fyrir bændur.

22.12 Aðrar aðgerðir hafa óljós áhrif

Ekki verður séð að föngun kolefnis úr jarðgufu, rafvæðing fiskimjölverksmiðja og loftslagsstefna stjórnarráðsins hafi miklu meiri áhrif á einn samfélagshóp en annan. Loftslagsstefna stjórnarráðsins er í raun ekki aðgerð út af fyrir sig, heldur útfærsla á öðrum aðgerðum í rekstri stjórnarráðsins. Hún kann að hafa áhrif á kjör starfsmanna þess.

Heimildaskrá

- AAA Association Communication. (2018). *Your driving costs*. Sótt af: https://exchange.aaa.com/wp-content/uploads/2018/09/18-0090_2018-Your-Driving-Costs-Brochure_FNL-Lo-5-2.pdf.
- Acomi, N., og Acomi, O. C. (2014). The influence of different types of marine fuel over the energy efficiency operational index. *Energy Procedia*, 59, 243-248. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.373>.
- Andrés Arnalds og Sveinn Runólfsson. (2021). *Umsögn um drög að landsáætlun í skógrækt 2021-2025, drög að umhverfismati hennar og sérálit minnihluta verkefnisstjórnar*. Verkefnisstjórn landsáætlunar í skógrækt. Sótt af: <https://www.skogur.is/is/nyskograekt/landsaaetlun-i-skograekt/landsaaetlun-i-skograekt/umsagnir-um-drog-ad-landsaaetlun>.
- Andrés Arnalds. (1979). Rannsóknir á Alaskalúpínu. *Ráðunautafundur*, 2(1). 80-88. <https://timarit.is/page/6847775?iabr=on>.
- Anna Guðrún Þórhallsdóttir. (2018). Skógrækt – er hún rétta framlag Íslands til loftslagsmála? *Bændablaðið*, 2. mars. Sótt af: <https://www.bbl.is/skodun/lesendabasin/skograekt-%E2%80%93-er-hun-retta-framlag-islands-til-loftslagsmala>.
- Askja. (2021). *Mercedes-Benz kynnir nýjan eActros rafmagnaðan flutningabíl*. Sótt 12. október 2021 af: <https://www.askja.is/frettir/mercedes-benz-kynnir-nyjan-eactros-rafmagnadan-flutningabil>.
- Bastin, J.-F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., Zohner, C.M. og Crowther, T.W. (2019). The global tree restoration potential. *Science*, 365(6448), 76-79. <https://doi.org/10.1126/science.aax0848>.
- Berglind Rán Ólafsdóttir. (2019). *Svör Orku náttúrunnar ohf. við viðbrögðum Orkustofnunar og Landsnets um kerfisáætlun Landsnets 2019-2028*. Sótt af: https://orkustofnun.is/media/banners/Svor_Orku_naturunnar_ohf_ved_vidbrogdum_LN_um_KA_2019-2028-1-.pdf.pdf.
- Betri samgöngur ohf. (á.á.). *Hvað er Borgarlínan?*. Sótt 17. maí 2021 af: <https://borgarlinan.is/um-borgarlinuna/hvad-er-borgarlinan>.
- Björgvin Brynjarsson og Haukur Ásberg Hilmarsson. (2020). *Mat á kostnaði og umhverfislegum ávinningi af útskiptingu flúoraðara gróðurhúsalofttegunda í matvöruverslunum*. Reykjavík: Efla. Sótt 2. maí 2021 af: <https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/2463-008-SKY-001-V01%20Mat%20%C3%A1%20kostna%C3%B0i%20og%20%C3%A1vinningi%20vi%C3%B0%20%C3%BAtf%C3%B6sun%20F-gasa.pdf>.

- Björgvin Brynjarsson og Jónas Hlynur Hallgrímsson. (2019). *Útskipting flúoraðra gróðurhúsalofttegunda á Íslandi*. Reykjavík: Efla. Sótt 14. maí 2021 af: <https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/2463-008-SKY-001-V01%20%C3%9Aatskipting%20fl%C3%BAora%C3%B0ra%20gr%C3%B3%C3%B0urh%C3%BAasalofttegunda%20%C3%A1%20%C3%8Dslandi.pdf>.
- BL. (á.á.). Nýir bílar. Sótt 16. apríl 2021 af: <https://www.bl.is/nyir>.
- Borgþór Magnússon og Sturla Friðriksson. (1989). Framræsla mýra. *Ráðunautur* 12(1). 141-159. <https://timarit.is/page/6850604?iabr=on>.
- Breska umhverfisráðuneytið. (2011). *Guidance on estimating carbon values beyond 2050: an interim approach*. London: Höfundur. Sótt 3. nóvember 2021 af: <https://www.gov.uk/government/publications/guidance-on-estimating-carbon-values-beyond-2050-an-interim-approach>.
- Brynhildur Bjarnadóttir, Aðalsteinn Sigurgeirsson, Pétur Halldórsson. (2018). Skógrækt er mikilvægur hluti af framlagi Íslands til loftslagsmála. *Bændablaðið*, 5. tbl. 8. mars. Sótt 15. nóvember 2021 af: <https://www.skogur.is/is/um-skograektina/frettir-og-vidburdir/frettir-og-pistlar/skograekt-er-mikilvaegur-hluti-af-framlagi-islands-til-loftslagsmala>.
- Cervero, R. (2013). *Bus rapid transit (BRT): An efficient and competitive mode of public transport* (No. 2013-01). Working paper. <https://iurd.berkeley.edu/wp/2013-01.pdf>.
- Citroën Ísland. (á.á.). Nýir bílar. Sótt 16. apríl 2021 af: <https://www.citroen.is/nyir-bilar>.
- Currie, G. (2010). Quantifying spatial gaps in public transport supply based on social needs. *Journal of Transport Geography*, 18 (1), 31-41. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.12.002>.
- Daði Baldur Ottósson, Sólrún Svava Skúladóttir og Bergþóra Kristinsdóttir. (2019). *Almenningssamgöngur. Hvaða þættir skipta máli á höfuðborgarsvæðinu?* Reykjavík: Efla. Sótt 18. júlí 2021 af: [https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/almenningsamgongur_hofudborgarsv_thaettir_skipta_mali/\\$file/Almenningssamg%C3%B6ngur%20hva%C3%B0a%20%C3%BE%C3%A6ttir%20skipta%20m%C3%A1li%20%C3%A1%20h%C3%B6fu%C3%B0borgarsv%C3%A6%C3%B0inu.pdf](https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/almenningsamgongur_hofudborgarsv_thaettir_skipta_mali/$file/Almenningssamg%C3%B6ngur%20hva%C3%B0a%20%C3%BE%C3%A6ttir%20skipta%20m%C3%A1li%20%C3%A1%20h%C3%B6fu%C3%B0borgarsv%C3%A6%C3%B0inu.pdf).
- de Bruyn, S. og de Vries, J. (2020). *Health costs of air pollution in European cities and the linkage with transport*. Delft: CE Delft. Sótt 28. apríl 2021 af <https://cleanair4health.eu/wp-content/uploads/sites/2/2020/10/final-health-costs-of-air-pollution-in-european-cities-and-the-linkage-with-transport-c.pdf>.
- de Bruyn, S. og Schrotten, A. (2019a). *Handbook on the external cost of transport*. Delft: CE Delft. Sótt 1. nóvember 2021 af: <https://cedelft.eu/wp->

content/uploads/sites/2/2021/03/CE_Delft_4K83_Handbook_on_the_external_costs_of_transport_Final.pdf.

- de Bruyn, S. og Schrotten, A. (2019b). *Handbook on the external cost of transport. Complete overview of country data for Handbook* [Excel skjal]. Delft: CE Delft. Sótt 1. nóvember 2021 af: https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2019/06/CE_Delft_4K83_Complete-overview-of-country-data-for-Handbook_V1-1.xlsx
- EDF energy. (2020). *Electric car battery life*. Sótt af: <https://www.edfenergy.com/electric-cars/batteries#:~:text=The%20battery%20on%20an%20electric,Tesla%20offers%20a%20similar%20guarantee.>
- EFLA. (2021). *Loftslagsbókhald Reykjavíkurborgar 2020*. Sótt 18. mars 2022 af: https://reykjavik.is/sites/default/files/2200-973_loftslagsbokhald_reykjavikurborgar_2020.pdf
- Elín Ríta Sveinbjörnsdóttir og Ragnar Gauti Hauksson. (2020). *Stofnleiðir hjólreiða áhöfuðborgarsvæðinu*. Reykjavík: EFLA. Sótt 10. maí 2021 af: https://www.ssh.is/images/stories/svaedisskipulag/Hjolaleidir/4913-006-MIN-V02Stofnleiðir_hjolreida_a_hofuborgarsvaedinu.pdf.
- Ember. (2021). *Carbon Price Viewer*. Sótt af: <https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/>.
- Climate Action - European Commission (2017). *EU Emissions Trading System (EU ETS)*. . Sótt af: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en.
- European Maritime Safety Agency. (2020). *Study on Electrical Energy Storage for Ships* (No. 2019–0217, Rev. 04). Lisboa: Höfundur. Sótt af: <http://www.emsa.europa.eu/publications/item/3895-study-on-electrical-energy-storage-for-ships.html>.
- Faxaflóahafnir. (2021). *Tölulegar upplýsingar 2020*. Sótt 25. júní 2021 af: <https://www.faxafloahafnir.is/is/tolulegar-upplýsingar/skip-og-flutningar/tolulegar-upplýsingar-2020/>.
- Félag íslenskra bifreiðaeigenda. (2019). *Reksturskostnaður bifreiða*. Sótt 21. apríl 2021 af: <https://www.fib.is/is/billinn/rekstrarkostnadur>.
- Félag íslenskra bifreiðaeigenda. (2020). *Árbók bílagreina 2020*. Sótt 23. apríl 2021 af: https://www.bgs.is/static/files/Skjol/Arbaekur/arbok_bilgreina_2020.
- Félag íslenskra Bifreiðaeigenda. (2021). *Reksturskostnaður bifreiða – Janúar 2021*. Sótt 14. júlí 2021 af: <https://www.fib.is/static/files/rekstrarkostnadur/rekstur-bifreida-2021-pdf.pdf>
- Flyvbjerg, B., Bruzelius, N., og Rothengatter, W. (2003). *Megaprojects and risk: An anatomy of ambition*. Cambridge university press.

- Forestry Commission Scotland. (2008). *Action for Scotland's native woods*. Edinburgh, Skotland: Forestry Commission Scotland. Sótt af: <https://forestry.gov.scot/publications/16-action-for-scotland-s-native-woods/viewdocument/16>.
- Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins. (2013) *En ny EU-skovstrategi: for skove og den skovbaserede sektor*. Sótt af: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX:52013IR7115>.
- Fridstrøm, L. og Østli, V. (2018). *Etterspørslen etter nye personbiler analysert ved hjelp af modellen BIG*. Transportøkonomisk institutt. Sótt af: <https://www.toi.no/publikasjoner/ettersporselen-etter-nye-personbiler-analysert-ved-hjelp-av-modellen-big-article35208-8.html>.
- Gallup. (2020). *Ferðir íbúa á öllu landinu, október-nóvember 2019*. Sótt 27. júlí 2021 af: https://www.stjornarradid.is/library/01--Frettatengt---myndir-og-skrar/SAM/01_Allt%20landi%c3%b0.pdf.
- Gjaldskrá fyrir meðhöndlun úrgangs í Reykjavíkurborg nr. 1472/2020.
- Gómez, D. R. og Watterson, J. D. (2007). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Vol. 2 (Energy). Í Eggleston H.S., Buedia, L., Miwa K., Ngara T. Og Tanabe K. (ritstj.). Japan: IGES. Sótt af: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf.
- GSM bensín. (2021). Bensínverð. Sótt af: https://www.bensinverd.is/gsmbensin_web.php.
- Guðmundur Stefánsson. (1998). Landbúnaðarstefnan og búvörusamningarnir. *Ráðunautafundur 21*(1). 3-12. <https://timarit.is/page/6853157?iabr=on>.
- Guðrún F. Guðmundsdóttir, Ingibjörg A. Bergþórsdóttir og Karl Eðvaldsson. (2021). *Samræming úrgangsflokkunar á höfuðborgarsvæðinu*. Kópavogur: Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu. Sótt af: http://ssh.is/images/stories/Byggdasamlog/2021_01_14_SAMRAEMING_URGANGSFLOKKUNAR_A_HOFUDBORGARSVAEDINU.pdf.
- Guðrún Guðmundsdóttir, Karl Eðvaldsson, Daníel Eldjárn Vilhjálmsón, Jón Örvar G. Jónsson, Ingibjörg A. Bergþórsdóttir og Sif Pétursdóttir. (2020). *Greining á þörf sorpbrennslustöðva á Íslandi*. Umhverfisstofnun. Sótt 6. september 2021 af: <https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Greining%20%C3%A1%20%C3%BE%C3%B6rf%20sorprennslust%C3%B6%C3%B0va%20%C3%A1%20%C3%8Dlandi.%20%C3%BAtg%C3%A1fa%20nr.2.1%20afhent.pdf>.
- Hagstofa Íslands. (2017). *Miðgildi ráðstöfunartekna eftir menntun og tekjufimmtungum 2004-2016* (Skrá LIF01120) [gagnasafn]. Sótt 23. júní 2021 af: <https://www.hagstofa.is/talnaefni/samfelag/laun-og-tekjur/tekjur/>.

- Hagstofa Íslands. (2018). *Meðalneysla og -stærð heimila á ári eftir tekjufjórðungum frá 2003* (Skrá VIS05304) [gagnasafn]. Sótt 25. júní 2021 af:
<https://www.hagstofa.is/talnaefni/samfelag/lifskjor/neysluutgjold/>.
- Hagstofa Íslands. (2021a). *Mannfjöldi eftir kyni, aldri og sveitarfélögum 1998-2021 - Sveitarfélagaskipan 1. janúar 2021* (Skrá MAN02005)[gagnasafn]. Sótt af:
<https://hagstofa.is/talnaefni/ibuar/mannfjoldi/sveitarfelog-og-byggdakjarnar/>
- Hagstofa Íslands. (2021b). *Verðlagsreiknivél*. Sótt 17. apríl 2021 af:
<https://hagstofa.is/verdlagsreiknivél>.
- Hagstofa Íslands. (2021c). *Tekjur eftir kyni og aldri 1990-2020* (Skrá TEK01001) [gagnasafn]. Sótt af: <https://hagstofa.is/talnaefni/samfelag/laun-og-tekjur/tekjur/>.
- Hagstofa Íslands. (2021d). *Uppskeyra og afurðir frá 1977* (Skrá LAN01103)[gagnasafn]. Sótt 7. maí 2021 af: <https://hagstofa.is/talnaefni/atvinnuvegir/landbunadur/bufe-og-uppskeyra/>.
- Hagstofa Íslands. (2021e). *Innflutningur eftir SITC1 og 2, REV. 4 og löndum 2012-2021* (Skrá UTA06201) [gagnasafn]. Sótt 7. maí 2021 af:
<https://hagstofa.is/talnaefni/efnahagur/utanrikisverslun/voruvidskipti/>.
- Hagstofa Íslands. (2021f). *Meðhöndlun úrgangs 2014-2019* (Skrá UMH041) [gagnasafn]. Sótt af:
<https://hagstofa.is/talnaefni/umhverfi/efnisflaedi/urgangur/>.
- Hagstofa Íslands. (2021g). *Spá um mannfjölda eftir kyni og aldri 2020-2069* (Skrá MAN09010)[gagnasafn]. Sótt af:
<https://hagstofa.is/talnaefni/ibuar/mannfjoldaspa/mannfjoldaspa/>.
- Hagstofa Íslands. (2021h). *Meðalneysla og -stærð heimila á ári eftir búsetu frá 2002* (Skrá VIS05302) [gagnasafn]. Sótt af:
<https://hagstofa.is/talnaefni/samfelag/lifskjor/neysluutgjold/>.
- Hagstofa Íslands. (2021i). *Atvinnuþáttaka, atvinnuleysi 1991-2020* (Skrá VIN01002) [gagnasafn]. Sótt 15. júlí 2021 af:
<https://www.hagstofa.is/talnaefni/samfelag/vinumarkadur/vinumarkadsrannsokn/>.
- Hagstofa Íslands. (2021j). *Laus störf eftir ársfjórðungum og atvinnugreinum 2019-2021* (Skrá JVS00001) [gagnasafn]. Sótt þann 12. júlí 2021 af:
<https://www.hagstofa.is/talnaefni/samfelag/vinumarkadur/laus-storf/>.
- Hagstofa Íslands. (2021k). *Byggingarvísitala, ársmeðaltöl, grunnur 2010=100* (Skrá VIS03002)[gagnasafn]. Sótt af:
<https://hagstofa.is/talnaefni/efnahagur/verdlag/byggingarvísitala/>.
- Hagstofa Íslands. (29. mars 2022). *Evrópskur launakostnaður árið 2021*. Sótt af:
<https://hagstofa.is/utgafur/frettasafn/launakostnadur/launakostnadur-a-unna-stund-2021/>

- Hagfræðistofnun Háskóla Íslands. (2012). *Kostnaður við umferðarslys á Íslandi árið 2009* (Skýrsla nr. C12:04). Sótt af: <https://ioes.hi.is/files/2021-05/Kostnadir-vid-umferdarslys-arid-2009.pdf>
- Hagfræðistofnun Háskóla Íslands (2017). *Ísland og loftslagsmál* (Skýrsla nr. C17:01). Sótt 5. Apríl 2021 af: <https://ioes.hi.is/files/2021-05/Island-og-loftslagsmal.pdf>
- Hagfræðistofnun Háskóla Íslands. (2019). *Áhrif kolefnisgjalds á eldsneytisnotkun heimila* (Skýrsla nr. C19:03). Sótt af: https://ioes.hi.is/files/2021-04/Ahrif_kolefnisgjalds_a_eldsneytisnotkun.pdf
- Hagfræðistofnun Háskóla Íslands. (2020). *Áhrif kolefnisgjalds á eldsneytisnotkun fyrirtækja* (Skýrsla nr. C20:01). Sótt af: https://ioes.hi.is/files/2021-04/Ahrif_kolefnisgjalds_a_eldsneytisnotkun.pdf
- Hagfræðistofnun Háskóla Íslands. (2021). *Handbók um hagrænt umhverfismat* (Skýrsla nr. C21:01). Sótt 27. febrúar 2022 af: https://ioes.hi.is/files/2021-06/handbok_lok_2503.pdf.
- Hallbjörn R. Hallbjörnsson, Stefán Gunnar Thors, og Sunna Björg Reynisdóttir. (2021). *Borgarlínan: 1. lota forsendur og frumdrög*. Reykjavík: Verkefnastofa Borgarlínu. Sótt 14. maí 2021 af: <https://wp.borgarlinan.is/wp-content/uploads/2021/02/borgarlina-1lota-forsendur-frumdrog-jan2021-1.pdf>.
- Halldór Kiljan Laxness. (1970). Hernaðurinn gegn landinu. *Morgunblaðið*. Sótt af: <https://timarit.is/page/1417688?iabr=on>.
- Herjólfur. (á.á.). *Söguás*. Sótt 20. apríl 2021 af: <https://herjolfur.is/soguas>
- Hjörleifur Guttormsson. (2001) Lúpínuplágan og stefnuleysi stjórnvalda. *Náttúrufræðingurinn*, 2(3). 161-164. <https://timarit.is/page/4258337?iabr=on>.
- Hochman, G., Wang, S., Li, Q., Gottlieb, P. D., Xu, F., og Li, Y. (2015). Cost of organic waste technologies: A case study for New Jersey. *AIMS Energy*, 3(3), 450-462. <https://doi.org/10.3934/energy.2015.3.450>.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Framlag 2. vinnuhóps til 6. matsskýrslu Milliríkjanefndar um loftslagsbreytingar. [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (ritstj.)]. Cambridge University Press.
- Ingólfur Ásgeir Jóhannesson. (1993). Græðum með gát, hugleiðingar um skógrækt, landgræðslu og friðun náttúru. *Freyr* 89(1-2). 44-47. <https://timarit.is/page/5582638?iabr=on>.
- Jarðræktarlög nr. 65/1989.
- Jón Guðmundsson. (2016). *Greining á losun gróðurhúsalofttegunda frá íslenskum landbúnaði*. Sótt 3. júní 2021 af: www.stjornarradid.is/media/umhverfisraduneyti-

[media/media/PDF_skrar/Greining-a-losun-grodurhusa-vegna-landbunadar_161012JG_okt.pdf](#).

- Jónas Hlynur Hallgrímsson og Kjartan Gíslason. (2019). *Hagræn greining á landtengingu skipa*. Reykjavík: Efla. Sótt 4. maí 2021 af: https://www.veitur.is/sites/veitur.is/files/atoms/files/hagraen_greining_a_landtengingu_skipa.pdf
- Kahneman, D. (2011). *Thinking fast and slow* (1. útg.). New York: Allen Lane.
- Kia á Íslandi. (á.á.). Nýir bílar. Sótt 16. apríl 2021 af: <https://www.kia.com/is/>.
- Kraus, S. og Koch, N. (2021). *Provisional COVID-19 infrastructure induces large, rapid increases in cycling*. Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America. Sótt 15. nóvember 2021 af: <https://www.pnas.org/content/118/15/e2024399118>.
- Kristinn Örn Björnsson og Kristrún Gunnarsdóttir. (2019). *Rafbílar - Áhrif á hljóðstig og tíðniróf*. Reykjavík: EFLA. Sótt 10. maí 2021 af: [https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/rafbilar_hljodstig_tidnirof_skyrsla/\\$file/Rafb%C3%ADlar%20áhrif%20á%20hljóðstig%20og%20t%C3%ADðniróf.pdf](https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/rafbilar_hljodstig_tidnirof_skyrsla/$file/Rafb%C3%ADlar%20áhrif%20á%20hljóðstig%20og%20t%C3%ADðniróf.pdf).
- Landsnet. (2017). *Landsnet á framtak ársins á sviði loftslagsmála - fyrir snjallnet á Austurlandi*. Sótt 17. maí 2021 af: <https://www.landsnet.is/um-okkur/utgafa-og-samskipti/frettir/stok-frett/2017/10/12/Landsnet-a-framtak-arsins-a-svidi-loftslagsmala-fyrir-snjallnet-a-Austurlandi/>.
- Lewis, S.L., Wheeler, C.E., Michard, E.T.A. og Koch, A. (2019). *Restoring natural forests is the best way to remove atmospheric carbon*. Nature, 2. apríl. Sótt 14. nóvember 2021 af: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01026-8>.
- Litman, T. (2009). *Transportation Cost and Benefit Analysis – Techniques, Estimates and Implications* [2. Útg.]. Victoria: Victoria Transport Policy Institute. Sótt þann 28. Apríl 2021 af www.vtpi.org/tca/
- Litman, T. (2014). *Evaluating Transportation Equity* (Nr. 2). Victoria Transport Policy Institute. https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/07/2014_Litman_Evaluating-Transportation-Equity.pdf.
- Lög um breytingu á lögum um virðisaukaskatt og lögum um tekjuskatt (vistvæn ökutæki o.fl.) nr. 154 2019.
- Lög um umhverfis- og auðlindaskatta nr. 129. (2009). <https://www.althingi.is/lagas/nuna/2009129.html>

- Mannvit og Cowi. (2020). *Borgarlína - Socioeconomic Analysis* (N. 001). Betri samgöngur ohf. Sótt 12. júlí 2021 af: https://wp.borgarlinan.is/wp-content/uploads/2020/11/a133201_report-socioeconomic-analysis_final.pdf.
- Marbjerg, G. (2013). *Noise from electric vehicles*. Vejdirektoratet. Sótt af: https://www.vejdirektoratet.dk/api/drupal/sites/default/files/publications/noise_from_electric_vehicles.pdf.
- Maskína. (2021). *Ferðavenjur*. Reykjavík: Reykjavíkurborg. Sótt af: https://reykjavik.is/sites/default/files/2021-09_rvk_ferdavenjur_maskinuskyrsla.pdf.
- Natural Resources Canada. (2014). *Learn the facts: Fuel consumption and CO₂*. Sótt af: https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oe/pdf/transportation/fuel-efficient-technologies/autosmart_factsheet_6_e.pdf.
- Nicole Keller, Martina Stefan, Sigríður Rós Einarsdóttir, Ásta Karen Helgadóttir, Rafn Helgason, Hera Guðlaugsdóttir, Erla Friðbjörnsdóttir, Birgir Urbancic Ásgeirsson, Arnór Snorrason, Leone Tinganelli og Jóhann Þórsson. (2021). *Report on Policies, Measures and Projections* (óbirt skýrsla).
- Norconsult. (2009). *Kollektivreisende i bybankorridoren Rådal-Bergen sentrum*. Bergen: Höfundur. Sótt af: <https://docplayer.me/6285420-Kollektivreisende-i-bybankorridoren-radal-bergen-sentrum.html>
- Nordhaus, W. D. (2007). A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature*, 45(3), 686–702. <https://doi.org/10.1257/jel.45.3.686>.
- Nordhaus, W.D. (2015). *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*. New Haven & London: Yale University Press.
- Odenseletbane. (2020). *Bybanen fylder 10 år – med ny passagerrekord hvert år*. Odense: Höfundur. Sótt af: <https://www.odenseletbane.dk/nyheder/bybanen-fylder-10-aar-med-ny-passagerrekord-hvert-aar/>.
- OECD. (2021). *Purchasing power parities* [gagnasafn]. Sótt af: <https://doi.org/10.1787/1290ee5a-en>.
- OMB Circular A-94 Guidelines and Discount Rates for Benefit-Cost Analysis of Federal Programs (A-94). (2015). WBDG. Sótt af: <https://www.wbdg.org/FFC/FED/OMB/OMB-Circular-A94.pdf>.
- Orkuspárnefnd (2021a). *Eldsneytisspá 2021-2060*. Orkustofnun. Sótt af: <https://orkustofnun.is/gogn/Skyrslur/OS-2021/OS-2021-02.pdf>
- Orkuspárnefnd (2021b). *Eldsneytisspá 2021-2060. OS-2021-T011-01* [Excel skjal]. Orkustofnun. Sótt af: <https://orkustofnun.is/media/talnaefni/OS-2021-T011-01.xlsx>

- Orkustofnun. (2020). *Þróun eldsneytissölu eftir eldsneytistegund á Íslandi 1982–2019* (Skrá OS-2020-T003-01) [gagnasafn]. Sótt af: <https://orkustofnun.is/gogn/Talnaefni/OS-2020-T003-01.pdf>.
- Parry, I. W. H., Walls, M., og Harrington, W. (2007). Automobile Externalities and Policies. *Journal of Economic Literature*, 45(2), 373–399. <https://doi.org/10.1257/jel.45.2.373>.
- Paulley, N., Balcombe, R., Mackett, R., Titheridge, H., Preston, J., Wardman, M., Shires, J., og White, P. (2006). The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy*, 13(4), 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.12.004>.
- Páll Höskuldsson. (2017). *Uppruni svifryks í Reykjavík*. Reykjavík: Efla. Sótt 24. Apríl 2021 af: [https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/uppruni_svifryks_i_reykjavik/\\$file/Uppruni%20svifryks%20%C3%AD%20Reykjav%C3%ADk.pdf](https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/uppruni_svifryks_i_reykjavik/$file/Uppruni%20svifryks%20%C3%AD%20Reykjav%C3%ADk.pdf).
- Radarinn. (á.á.). *Olíunotkun*. Sótt af: <https://radarinn.is/Umhverfismal/Oliunotkun>.
- Rafbílasambandið. (á.á.). *Hvernig á að hlaða rafbíl*. Sótt 3. Apríl 2021 af: <https://rafbilasamband.is/hvernig-a-ad-hlada-rafbil/>.
- Reglugerð 2017/1576. *Acoustic Vehicle Alerting System requirements for vehicle EU-type approval*. Sótt 20. Maí 2021 af: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2017/1576/oj.
- Reykjavíkurborg. (2020). *Skýrsla starfshóps um rafvæðingu hafna og landtengingar í höfnum Faxaflóahafna*. Reykjavík: Höfundur: Sótt 3. maí 2021 af: <https://www.faxaflaohafnir.is/wp-content/uploads/2020/05/Landtengingar-hafna-FFH-Apr%C3%AD-2020.pdf>
- Reykjavíkurborg og Kópavogsbær. (2018). *Brú yfir Fossvog. Greinagerð deiliskipulagstillögu*. Sótt 27. október 2021 af: https://reykjavik.is/sites/default/files/a1235-010-u01_fossvogsbru_deiliskipulag_greinargerð_minni.pdf.
- Samgöngu- og sveitastjórnarráðuneytið. (2019). *Sáttmáli um samgöngur á höfuðborgarsvæðinu*. Reykjavík: Stjórnarráð Íslands. Sótt 18. maí 2021 af: <https://www.stjornarradid.is/verkefni/samgongur-og-fjarskipti/samgonguaetlun/sattmali-um-samgongur-a-hofudborgarsvaedinu/>.
- Samgöngustofa. (á.á.). *Önnur tölfraedi*. Sótt 21. apríl af: www.samgongustofa.is/umferd/tolfraedi/onnur-tolfraedi/.
- Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu. (2017). *Ferðavenjukönnun meðal íbúa höfuðborgarsvæðisins*. Kópavogur: Höfundur. Sótt af: <http://ssh.is/samgongumal>.
- Sartori, D., Catalano, G., Genco, M., Pancotti, C., Sirtori, E., Vignetti, S., og Bo, C. (2014). *Guide to cost-benefit analysis of investment projects. Economic appraisal tool for cohesion*

policy 2014-2020. Brussels: European Commission. Sótt af:
https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf.

Sitkagran. (2021). Miljøstatus. Sótt af:
<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/arter/fremmede-arter/sitkagran/>.

Síldarvinnslan. (2020). *Samfélagsskýrsla 2020*. Neskaupsstaður: Höfundur. Sótt af:
https://svn.is/wp-content/uploads/2021/05/SVN_Sjalbbaerni_2020_netutgafa.pdf.

Síldarvinnslan. (2021, 11. janúar). *Stækkun fiskimjölsværksmiðjunnar í Neskaupstað úr 1400 tonnum í 2380 tonn – aukin áhersla á framleiðslu verðmætra próteinríkra afurða*. Sótt af:
<https://svn.is/staekkun-fiskimjolsverksmiðjunnar-i-neskaupstad-ur-1400-tonnum-i-2380-tonn-aukin-ahersla-a-framleidslu-verdmaetra-proteinrikra-afurda/>

Skatturinn. (2018). *Breytingar á aðflutningsgjöldum o.fl.* Sótt af:
<https://www.tollur.is/embaettid/frettir/frett/2018/12/27/Breytingar-a-adflutningsgjoldum-o.fl.>

Skatturinn. (á.á.). *Reiknivél bifreiðagjalda*. Sótt 7. apríl 2021 af:
<https://www.skatturinn.is/einstaklingar/reiknivelar/reiknivél-bifreiðagjalda/>.

Skeljungur. (2019). *Samfélagsuppgjör – Samfélagsskýrsla 2019*. Sótt af:
<https://arsskyrsla.skeljungur.is/samfelagsuppgjor-2019/>.

Skógræktarfélag Íslands. (2021). *Sjálfbóðaliðaverkefni – EVS*. Sótt 23. júlí af:
<https://www.skog.is/sjalbfoealieaverkefni-evs/>.

Sorpa. (2020). *Ársskýrsla 2019*. Reykjavík: Höfundur. Sótt 20. ágúst 2021 af:
<https://sorpa.dccweb.net/media/2/sorpaarsskyrsla2019.pdf>.

Sorpa. (2021). *Umsögn SORPU um drög að breytingu á lögum vegna innleiðingar hringrásarhagkerfisins, S-11/2021*. Sótt af: [https://samradsgatt.island.is/oll-mal/\\$Cases/Details/?id=2880](https://samradsgatt.island.is/oll-mal/$Cases/Details/?id=2880).

Sorpa. (á.á.). *GAJA*. Sótt af: <https://sorpa.is/um-sorpu/gas-og-jardgerdarstod>.

Sorphirðudagatal. (á.á.). Sótt af: <https://reykjavik.is/sorphirdudagatal>

Stern, N. (2006). *Stern review: the economics of climate change*. HM Treasury. Sótt af:
https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/20100407172811/http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm.

Stjórnarráð Íslands. (á.á.). A.2. Ívinanir fyrir virka ferðamáta. Sótt af:
<https://www.stjornarradid.is/verkefni/umhverfi-og-natturuvernd/loftslagsmal/adgerdaaetlun-i-loftslagsmalum/adgerdirnar/loftslagsskyrsla-stok/?itemid=6d9dd45d-b184-11ea-8117-005056bc8c60>

- Stjórnarráð Íslands. (2020). *Ferðavenjukönnun samgönguráðs og SSH*. Sótt af: <https://www.stjornarradid.is/verkefni/samgongur-og-fjarskipti/samgonguaetlun/ferdavenjukonnun-samgongurads-og-ssh/#hofudborgarsvaedid>.
- Stjórnarráð Íslands. (2021). *Í átt að hringrásarhagkerfi*. Sótt af: <https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Stefna%20um%20me%20h%20b%20ndlun%20%20c%20bargangs%202021-2032%20090621.pdf>
- Stofnun Árna Magnússonar. (2022). *Málið.is*.
- Strætó. (2020). *Árskýrsla 2019*. Reykjavík: Höfundur. Sótt af: <https://straeto.is/uploads/files/978-83ffcdcad.pdf>.
- Svava Jakobsdóttir. (1969, 17. ágúst). Rabb. *Lesbók Morgunblaðsins*, bls. 14.
- The Institute for Transportation and Development Policy. (2017). *The BRT Planning Guide*. Sótt af: <https://brtguide.itdp.org/branch/master/guide/pdf/the-brt-planning-guide.pdf>.
- The Royal Society and Royal Academy of Engineering. (2018). *Greenhouse gas removal*. Sótt af: <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/greenhouse-gas-removal/royal-society-greenhouse-gas-removal-report-2018.pdf>.
- Tillaga að nýrri gjaldskrá fyrir meðhöndlun úrgangs í Reykjavík nr.75/2021. Sótt af: https://fundur.reykjavik.is/sites/default/files/agenda-items/8_tillaga_ad_nyrri_gjaldskra_fyrir_medhondlun_urgangs_i_reykjavik.pdf.
- Tómas Grétar Gunnarsson. (2006). Íslenskir mófuglar og skógrækt. *Fuglar* :, 46-52.
- Transport & environment. (á.á.). *How clean are electric cars?* Sótt af: <https://www.transportenvironment.org/what-we-do/electric-cars/how-clean-are-electric-cars>.
- Umhverfis- og auðlindaráðuneytið. (2019). *Bætt landnýting í þágu loftslagsmála*. Reykjavík: Stjórnarráð Íslands. Sótt af: https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/STJ_UMHV_kolefnisbinding_lokautgafa.pdf.
- Umhverfis- og auðlindaráðuneytið. (2020). *Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum*. Reykjavík: Stjórnarráð Íslands. Sótt 5. apríl 2021 af: <https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/Adgerdaaetlun%20i%20loftslagsmalum%20onnur%20utgafa.pdf>.
- Umhverfis- og auðlindaráðuneytið. (2021). *Stöðuskýrsla aðgerðaáætlunar í loftslagsmálum*. Sótt 17. maí 2022, af: <https://www.stjornarradid.is/library/02-Rit--skyrslur-og-skrar/St%20c%20b%20usk%20c%20bdrsla%20a%20c%20ger%20c%20a%20a%20tlun-ar%20%20c%20ad%20loftslagsm%20c%20a%20lum%202021.pdf>

- Umhverfis- og auðlindaráðuneytið. (2021). *Landsáætlun í skógrækt 2021-2025* [drög]. Reykjavík: Höfundur. Sótt af: <https://www.skogur.is/static/files/2021/Landsaetlun-drog/landsaaetlun-i-skograekt-07052021.pdf>.
- Umhverfisstofnun. (2017). *Upplýsingar um hávaðakortin*. Sótt 19. maí 2021 af: <https://www.ust.is/graent-samfelag/hollustuhattir/havadi-og-hljodvist/havadakort/upplýsingar-um-havadakortin/>.
- Umhverfisstofnun. (2020). *Losunarstuðlar*. Sótt 6. september 2021 af: https://ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Loftgaedi/Losunarstudlar_UST.pdf.
- Umhverfisstofnun. (2022). *Skilgreiningar á hugtökum*. Sótt af: <https://ust.is/graent-samfelag/urgangsmal/medhondlun-urgangs/skilgreiningar-a-hugtokum/>
- van Essen, H., Boon, B., Maibach, M., og Schreyer, C. (2007). *Methodologies for external cost estimates and internalisation scenarios – Discussion paper for the workshop of internalisation on March 15, 2007*. Delft: CE Delft. Sótt 28. apríl 2021 af: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.192.1655&rep=rep1&type=pdf>.
- Vegagerðin. (2022). Skilgrein starfshóps með félagshagfræðilegri greiningu. Sótt 27. febrúar 2022 af: <https://www.vegagerdin.is/media/frettir-2022/Sundabraut-skilagrein-starfshops-21des2021.pdf>.
- Vegagerðin. (á.á.). *Umferðaröryggi: Slysatiðni*. Sótt 15. febrúar 2022 af: <http://www.vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/umferdaroryggismal/slysatiðni/>.
- Verkfræðistofa Jóhanns Indriðasonar ehf. (2015). *Kolefnisspor garðyrkjunar*. Sótt 12. maí 2021 af: www.bondi.is/files/vidhengi/kolefnisspor-gardyrkjunnar-mars2015.pdf.
- Wachs, M. (1989). When planners lie with numbers. *Journal of the American Planning Association*, 55(4), 476.
- WHO. (á.á.). *Air pollution*. Sótt 31. ágúst af: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.
- World Bank. (á.á.). *Carbon Pricing Dashboard*. Sótt 5. nóvember 2021 af: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data.
- Ziegler, M. S., og Trancik, J. E. (2021). Re-examining rates of lithium-ion battery technology improvement and cost decline. *Energy & Environmental Science*, 14(4), 1635-1651.
- Þingskjal 1187. (2020-2021). Frumvarp til laga um breyting á lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir, lögum um meðhöndlun úrgangs og lögum um úrvinnslugjald (EES-reglur, hringrásarhagkerfi). Sótt 23. nóvember 2021 af: <https://www.althingi.is/altext/151/s/1187.html>.

Þingskjal 1189. (2011-2012). Frumvarp til laga um loftslagsmál. (Lagt fyrir Alþingi á 140. löggjafarþingi 2011–2012.). Sótt 10. mars 2022 af:
<https://www.althingi.is/altext/140/s/1189.html>

Þingskjal 1229. (2019-2020). Frumvarp til laga um breytingu á lögum um loftslagsmál, nr. [70/2012](#), með síðari breytingum (skuldbindingar og losunarheimildir). Sótt 10. mars 2022 af:
<https://www.althingi.is/altext/150/s/1229.html>