

# Losun gróðurhúsalofttegunda frá sauðfjárbúum á Íslandi og aðgerðir til að draga úr losun

---



Unnið fyrir Landssamtök sauðfjárbænda

2017

Tekið saman í október 2017

Birna Sigrún Hallsdóttir og  
Stefán Gíslason

Umhverfisráðgjöf Íslands ehf. (Environice)

Mynd á forsíðu:  
Etienne Menétrey

## Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	5
2	Nokkrar skammstafanir og skýringar .....	6
3	Skuldbindingar Íslands í loftslagsmálum .....	8
4	Losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði almennt .....	11
5	Losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði á Íslandi .....	13
6	Kolefnisspor og kerfismörk.....	16
7	Losun gróðurhúsalofttegunda frá sauðfjárrækt á Íslandi.....	18
7.1	Losun vegna búfjárhalds og áburðarnotkunar (umfang 1) .....	18
7.2	Önnur losun (umfang 1).....	21
7.3	Losun vegna landnotkunar (umfang 1).....	22
7.4	Önnur losun (umfang 2 og 3) .....	22
7.5	Losun frá sauðfjárrækt, samtals .....	22
8	Kolefnisspor sauðfjárræktar á Íslandi.....	24
9	Leiðir til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda .....	26
9.1	Framleiðslustýring .....	26
9.2	Meðhöndlun búfjáraðurar .....	27
9.3	Minni notkun tilbúins áburðar .....	28
9.4	Beitarstýring.....	28
9.5	Framleiðsla og notkun repjuolíu.....	28
9.6	Fóðurstýring .....	28
9.7	Aðgerðir á sviði landnotkunar .....	28
9.8	Dæmi um árangur aðgerða .....	29
9.9	Dæmi um kostnað við mótvægisáðgerðir.....	31
10	Lokaorð.....	33
11	Heimildaskrá .....	34



## 1 Inngangur

Þessi skýrsla er unnin af Umhverfissráðgjöf Íslands ehf. (Environice) fyrir Landssamtök sauðfjárbænda í samræmi við framtíðarstefnu sem samþykkt var á aðalfundi samtakanna 30.-31. mars 2017. Þar kemur m.a. fram að íslensk sauðfjárrækt skuli kolefnisjöfnuð eins fljótt og kostur er og að allar afurðir frá íslenskum sauðfjárbændum verði í framhaldinu vottaðar sem kolefnishlutlausar.

Tilgangur þessarar skýrslu er að leggja mat á kolefnislosun íslenskrar sauðfjárræktar og benda á raunhæfar leiðir til jöfnunar með minnkun losunar eða mótvægisáðgerðum. Liður í gerð skýrslunnar var að rýna í starfshætti á tveimur ólíkum sauðfjárbúum og reikna losun frá þeim. Í leiðinni var þróuð frumgerð af notendavænu reiknilíkani á Excel-formi sem gerir einstökum bændum kleift að reikna kolefnisspor bús síns, bæði heildarlosun og losun á hvert kíló framleidds dillakjöts, út frá upplýsingum um aðföng o.fl. sem þeir slá sjálfir inn í líkanið. Líkanið sýnir einnig nokkra möguleika sem bændur geta nýtt til að draga úr losun og auka bindingu og reiknar ætluð áhrif einstakra áðgerða á kolefnissporið. Þessi skýrsla inniheldur helstu niðurstöður greiningarinnar, ásamt kynningu á reiknilíkaninu.

Það er mat skýrsluhöfunda að heildarlosun gróðurhúsalofttegunda frá íslenskri sauðfjárrækt sé um 291.400 tonn CO<sub>2</sub>-ígilda á ári, eða sem nemur 28,6 kg CO<sub>2</sub>-ígilda á hvert framleitt kg lambakjöts. Samkvæmt skýrslunni er hægt að kolefnisjafna sauðfjárræktina að hluta eða að öllu leyti m.a. með eftirfarandi áðferðum:

1. Samdráttur í losun
  - a. Bætt meðferð búfjáraðurar
  - b. Minni notkun tilbúins áðurar
  - c. Minni notkun á jarðeldsneyti
  
2. Mótvægisáðgerðir:
  - a. Landgræðsla (2,1 t. CO<sub>2</sub>-ígilda pr. ha á ári)
  - b. Skógrækt (6,2 t. CO<sub>2</sub>-ígilda pr. ha á ári)
  - c. Endurheimt votlendis (19,5 t. CO<sub>2</sub>-ígilda pr. ha á ári)

Í könnun sem Landssamtök sauðfjárbænda gerðu árið 2017 meðal bænda í greininni kom fram verulegur vilji til áðgerða sem stuðla að samdrætti í losun gróðurhúsalofttegunda. Nær 90% íslenskra sauðfjárbænda hafa stundað uppgræðslu á búskaparferli sínum og vilja gera meira af því í framtíðinni. Um 60% vilja rækta skóg.

Loftslagsbreytingar eru hnattrænt viðfangsefni. Landssamtök sauðfjárbænda geta ekki leyst vandann á eigin spýtur, en bera engu að síður sinn hluta af sameiginlegri ábyrgð jarðarbúa á lausn hans, rétt eins og öll önnur samtök, stjórnvöld, stofnanir, fyrirtæki og einstaklingar, hvar í heiminum sem er. Með viðleitni sinni til þess að draga úr losun frá einstökum sauðfjárbúum og kolefnisjafna greinina í heild vilja samtökin leggja sitt af mörkum til að uppfylla Heimsmarkmið Sameinuðu þjóðanna nr. 13 um áðgerðir gegn loftslagsbreytingum. Hér gildir það sama og annars staðar að „enginn getur gert allt, en allir geta gert eitthvað“.

## 2 Nokkrar skammstafanir og skýringar

- **GHL:** Gróðurhúsalofttegundir; nánar tiltekið koldíoxíð (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), glaðloft (N<sub>2</sub>O), vetnisflúorkolefni (HFC), perflúorkolefni (PFC), brennisteinshexaflúoríð (SF<sub>6</sub>) og köfnunarefnistríflúoríð (NF<sub>3</sub>).
- **UNFCCC:** Rammasamningur Sameinuðu þjóðanna (SP) um loftslagsbreytingar, oftast nefndur *Loftslagssamningurinn* (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)). Ísland skilar árlega upplýsingum um losun gróðurhúsalofttegunda til skrifstofu samningsins. Í skilunum er losun skipt í 5 flokka: orku, efnaotkun og efnaferla í iðnaði, landbúnað, úrgang og LULUCF.
- **NIR og CRF:** Skil Íslands til loftslagssamningsins samanstanda annars vegar af fjölmörgum töflum sem skilað er á excel-formi og nefnast CRF (common reporting format) og hins vegar af skriflegri skýrslu – NIR (national inventory report) – þar sem aðferðafræði útreikninga og helstu niðurstöðum er lýst. Í þeirri skýrslu sem hér lítur dagsins ljós eru notaðar þær upplýsingar sem Ísland skilaði til UNFCCC í apríl 2017 (CRF) og í maí 2017 (NIR).<sup>1</sup>
- **LULUCF:** Landnotkun, breytt landnotkun og skógrækt (Land Use, Land-Use Change and Forestry). Þegar losun gróðurhúsalofttegunda er gefin upp er yfirleitt miðað við losun án LULUCF. Þetta er annars vegar vegna mikillar vísindalegrar óvissu sem tengist mati á losun og bindingu vegna breyttrar landnotkunar og hins vegar þar sem erfitt er að greina á milli manngerðrar og náttúrulegrar losunar. Því miðast skuldbindingar ríkja að mestu leyti við losun GHL án LULUCF. Hins vegar er ljóst að LULUCF er mikilvægur þáttur í losun og bindingu gróðurhúsalofttegunda. Á heimsvísu er talið að rekja megi um fjórðung allrar losunar til LULUCF. Þessi þáttur er jafnvel enn mikilvægari hér á Íslandi. Mikilvægt er að koma í veg fyrir losun frá landi þar sem hægt er og auka bindingu með markvissum aðgerðum á sviði LULUCF.
- **Losun GHL:** Losun framangreindra 7 gróðurhúsalofttegunda gefin upp í Gg (gígagrömmum = þúsundum tonna) CO<sub>2</sub>-ígilda, að teknu tilliti til mismunandi hlýnunarmáttar lofttegundanna. Losun GHL án LULUCF er losun gróðurhúsalofttegunda án þess að reikna inn landnotkunarpáttinn, en slík framsetning er algengust þegar verið að bera saman losun gróðurhúsalofttegunda milli landa og ákvarða skuldbindingar ríkja. Losun vegna millilandaflugs og millilandasiglinga er ekki heldur inni í skuldbindingum ríkja. Slík losun er reiknuð út og gefin upp en ekki reiknuð inn í heildarlosun hvers ríkis.
- **Hlýnunarmáttur (GWP: global warming potential):** Tala sem tekur mið af mismunandi áhrifum gróðurhúsalofttegundanna á geislunarjafnvægi í lofthjúpnunum og þar með áhrifum þeirra til hækkunar hitastigs á jörðinni. Til eru mismunandi tölur yfir hlýnunarmátt, annars vegar vegna þess að hægt er að miða samanburð lofttegundanna við mismunandi tímabil og hins vegar vegna þess að aukin vísindabekking hefur leitt til betri skilnings á áhrifunum. Því eru tölur um hlýnunarmátt iðulega uppfærðar í vísindaskýrslum IPCC, en þær skýrslur koma út á nokkurra ára fresti. Í þessari skýrslu er miðað við að hlýnunarmáttur koldíoxíðs sé 1, hlýnunarmáttur metans sé 25 og hlýnunarmáttur glaðlofts 298, í samræmi við NIR.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Umhverfisstofnun, 2017.

<sup>2</sup> Umhverfisstofnun, 2017.

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Vísindanefnd SP um loftslagsbreytingar. Vísindanefndin gefur bæði út leiðbeiningar um útreikninga á losun gróðurhúsalofttegunda og stöðuskýrslur um stöðu loftslagsvísinda.

### 3 Skuldbindingar Íslands í loftslagsmálum

Alþjóðlegt samstarf í loftslagsmálum byggir á loftslagssamningnum, sem gerður var í New York árið 1992 og tók gildi árið 1994. Markmið samningsins er að koma í veg fyrir hættulega röskun á loftslagskerfinu af mannavöldum, og tryggja þannig að matvælaframleiðslu í heiminum verði ekki stefnt í hættu og að efnahagsþróun geti haldið áfram á sjálfbæran hátt. Í samningnum er hvergi með afdráttarlausum hætti kveðið á um skyldu ríkja til þess að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda að tilteknu marki. Þó kemur fram að iðnríkin skuli grípa til ráðstafana í þeim tilgangi að hverfa aftur, hvert fyrir sig eða sameiginlega, að því útstremismagni sem var 1990.

Kyoto-bókunin við loftslagssamninginn var gerð árið 1997 og gekk í gildi árið 2005. Bókunin inniheldur tölulegar magntakmarkanir á losun tiltekinnna gróðurhúsalofttegunda frá iðnríkjum. Fyrra skuldbindingatímabil Kyoto-bókunarinnar var frá 2008 til 2012 og var heildarmarkmiðið að draga úr losun um að minnsta kosti 5% á tímabilinu miðað við árið 1990. Ísland fékk heimild til að auka losun sína um 10% á þessu tímabili miðað við árið 1990, auk þess að fá að undanskilja ákveðna losun vegna iðnaðarstarfsemi í uppgjöri sínu. Ísland náði því að uppfylla skuldbindingar sínar á þessu tímabili þrátt fyrir að hafa aukið losun um 26% frá 1990 til 2012. Seinna skuldbindingatímabil bókunarinnar er frá 2013 til 2020. Ísland tók á sig sameiginlega skuldbindingu með ríkjum ESB á tímabilinu um að draga úr losun um 20% fyrir árið 2020 miðað við 1990. Nú er útlit fyrir að Ísland þurfi að kaupa heimildir til að standa við sinn hluta skuldbindingarinnar.

Árið 2015 var Parísarsamningurinn um loftslagsmál samþykktur og gekk hann í gildi 4. nóvember 2016. Samkvæmt samningnum skulu aðildarríkin setja sér markmið um að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda, svonefnd landsákvörðuð framlög (Nationally Determined Contributions, NDCs). Ísland hefur undirritað og fullgilt Parísarsamninginn og sent inn landsákvörðuð framlag sitt, þar sem fram kemur að Ísland hyggist taka þátt í sameiginlegu markmiði ESB um að draga úr losun um 40% fram til 2030, miðað við 1990.<sup>3</sup> Hafa ber í huga að Parísarsamningurinn felur enn sem komið er eingöngu í sér lagalegan og pólitískan ramma um samstarf þjóða á sviði loftslagsmála. Samningurinn verður útfærður nánar með ákvörðunum aðildarríkjaþingsins á komandi misserum.

Þar sem Ísland hefur lýst því yfir að það hyggist taka á sig sameiginlegar skuldbindingar með ríkjum ESB er rétt að skoða nánar markmið og helstu stjórnþæki ESB í loftslagsmálum. Heildarmarkmið ESB í loftslagsmálum til ársins 2030 er sem fyrr segir að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda um 40% miðað við árið 1990. Til að ná þessu markmiði hefur losun verið skipt upp í þrjá meginflokka, sem hver um sig tilheyrir ákveðnu kerfi til að draga úr losun.

- Í fyrsta lagi er um að ræða viðskiptakerfi ESB með losunarheimildir (ETS: Emissions Trading System). Viðskiptakerfið tekur til orkuframleiðslu, þungaiðnaðar og flugs innan Evrópu og nær til um 45% losunar innan ESB. Markmið ESB er að draga úr losun innan kerfisins um 43% fyrir árið 2030 miðað við árið 2005. Fyrirtæki innan kerfisins þurfa að verða sér úti um EUA-

<sup>3</sup> Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna, 2016.



losunarheimildir (EUA: European Union Allowances) og skila slíkum heimildum árlega til yfirvalda í samræmi við losun sína.

- Í öðru lagi er um að ræða kerfi um skiptingu ábyrgðar (effort sharing) sem tekur til annarrar losunar en þeirrar sem fellur undir viðskiptakerfið (s.s. frá heimilum, þjónustu, landbúnaði, úrgangi og samgöngum). Markmiðið er að draga úr þessari losun um 30% fyrir árið 2030 miðað við árið 2005 og er ábyrgðin á að ná því markmiði mismunandi milli aðildarríkja. Hlutdeild hvers ríkis í markmiðinu er ákveðin með hliðsjón af efnahagsstöðu, sem og möguleikum og kostnaði við að draga úr losun. Ríkjum er úthlutað ákveðnum fjölda AEA-losunarheimilda (AEA: annual emission allowances) sem minnkar línulega á tímabilinu. Þau hafa svo tiltekinn takmarkaðan sveigjanleika til að uppfylla skuldbindingar sínar, m.a. með því að flytja AEA-heimildir milli ára, kaupa AEA-heimildir af öðrum aðildarríkjum, flytja EUA-heimildir úr ETS-kerfinu og nota LULUCF-aðgerðir. Tillaga ESB um hlutdeild aðildarríkjanna 28 liggur fyrir, en enn á eftir að semja um hlutdeild Íslands og Noregs. Ef tekið er mið af tillögu ESB fyrir aðildarríkin má telja líklegt að Ísland muni þurfa að draga úr losun um 35-40% á tímabilinu en geti hugsanlega lækkað þá tölu um 1-2 prósentustig með EUA-heimildum og um 1-3 prósentustig með LULUCF-aðgerðum. Heildarsamdráttur til ársins 2030 yrði því á bilinu 30-38% miðað við losun árið 2005.
- Í þriðja lagi er um að ræða kerfi sem mun ná yfir losun og bindingu sem rekja má til landnotkunar (LULUCF). LULUCF-kerfið hefur tengsl við kerfi um skiptingu ábyrgðar. Tillaga framkvæmdastjórnar ESB um nýja landnotkunarreglugerð (LULUCF Regulation) er nú til umfjöllunar innan sambandsins. Verði tillagan samþykkt verða aðildarríkin ekki aðeins bundin af magntakmörkun á losun gróðurhúsalofttegunda í kerfinu um skiptingu ábyrgðar, heldur þurfa þau einnig að standast svokallaða núll-losunarreglu (no-debit rule). Núll-losunarreglan felur í sér að jafna þarf út með bindingu alla losun sem stafar af tiltekinni landnotkun, m.a. skógrækt, skógarumhirðu, umhirðu graslendis og umhirðu ræktarlands.<sup>4</sup> Núll-losunarreglan verður gerð upp á fimm ára fresti. Ef samanlögð losun vegna landnotkunar er meiri en samanlögð binding á þessu fimm ára tímabili getur viðkomandi ríki keypt bindingarávinning af öðru aðildarríki, eða jafnað út mismuninn með AEA-losunarheimildum sem því voru úthlutaðar í kerfi um skiptingu ábyrgðar.

Ýmsar grundvallarreglur ESB um stjórn loftslagsmála frá 2021-2030, þ.á m. um skiptingu ábyrgðar milli aðildarríkja, skyldu ríkja á sviði LULUCF og rekstur viðskiptakerfisins hafa ekki verið endanlega samþykktar þó að drög liggi fyrir. Auk þess er óvíst hvenær og með hvaða hætti þessar reglur verða teknar upp í EES-samninginn og innleiddar hér á landi. Auk þess á enn eftir að ná samkomulagi við ESB um hlutdeild Íslands í sameiginlega 40% markmiðinu. Náist ekki samningar við aðildarríki ESB mun Ísland setja sér markmið á annan hátt og skila þeim áætluðum sínum til skrifstofu UNFCCC. Lítið sem ekkert liggur fyrir um hvernig slíkt markmið myndi líta út.

<sup>4</sup> Losun vegna umhirðu graslendis og ræktarlands er talin fram miðað við viðmiðunargildi sem samsvarar meðallosun (eða -bindingu) árána 2005 til 2007.

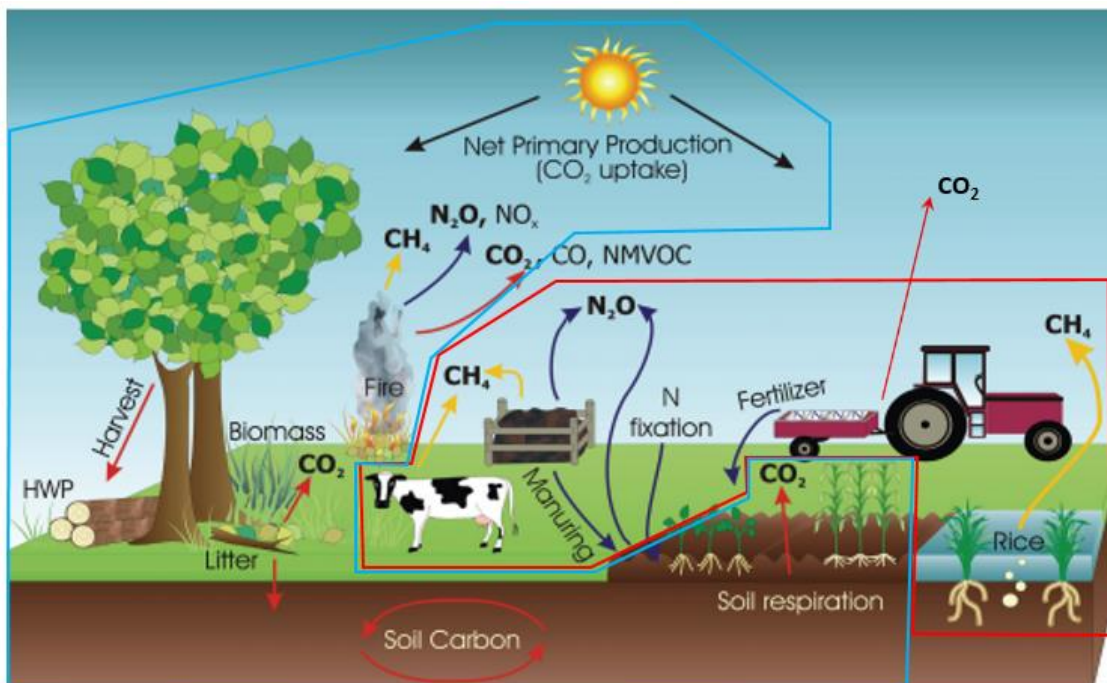
---

Eins og ráða má af framansögðu ríkir nokkur óvissa um þær skuldbindingar sem Ísland mun undirgangast fram til 2030. Einnig er óljóst að hve miklu leyti hægt verður að nýta LULUCF-aðgerðir til að uppfylla skuldbindingarnar. Þar sem ESB viðurkennir aðeins að takmörkuðu leyti að telja megi slíkar aðgerðir fram á móti losun gagnvart markmiði ESB samkvæmt Parísarsamningnum – og vegna þess að Ísland hefur ekki sett sér sjálfstætt markmið á sviði landnotkunar – er hugsanlegt að aðgerðir á sviði landnotkunar hér á landi verði að miklu leyti óháðar reglum Parísarsamningsins, þ.á m. fjárhagshvötum hans.

## 4 Losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði almennt

Landbúnaður er mikilvæg uppspretta gróðurhúsalofttegunda á heimsvísu og jafnframt hafa loftslagsbreytingar mikil og vaxandi áhrif á greinina. Þegar rætt er um losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði er oftast, nema annað sé tekið fram, miðað við flokkun loftslagssamningsins, en skv. henni fellur losun vegna eftirtalinna þátta undir landbúnað:

- Metangerjun búfjár (metan)
- Meðhöndlun búfjáraburðar (metan, glaðloft)
- Ræktun hrísgrjóna (metan)
- Notkun tilbúins áburðar og búfjáraburðar á ræktarland (glaðloft)
- Sinubrunar á hitabeltissléttum (metan og glaðloft)
- Bruni landbúnaðarleifa á ökrum (metan og glaðloft)
- Notkun annarra áburðarefna (metan og glaðloft)



Mynd 1. Helstu uppsprettur gróðurhúsalofttegunda, bindingarleiðir og ferlar í vistkerfum nýttum til landbúnaðar. Innan rauðu línanna er losun á glaðlofti og metani frá landbúnaði, sem talin er fram undir landbúnaðargeiranum og heyrir undir skuldbindingar Íslands í loftslagsmálum. Innan bláu línanna er losun (aðallega koldíoxíðs) vegna LULUCF sem heyrir að takmörkuðu leyti undir skuldbindingar Íslands. Koldíoxíðlosun vegna eldsneytisbrennslu dráttarvéla er hér utan bæði rauðu og bláu línanna. Þessi losun er talin fram undir orkugeiranum og heyrir undir skuldbindingar Íslands í loftslagsmálum.<sup>5</sup>

Losun frá landbúnaði verður einkum vegna búfjár (metan og glaðloft) og vegna dreifingar búfjáraburðar og tilbúins áburðar á tún og akra (glaðloft). Á heimsvísu verður einnig talsverð losun vegna hrísgrjónaframleiðslu (metan). Aðrar uppsprettur eru minni. Samtals nemur losun vegna þessara þátta landbúnaðar 10-15% af heildarlosuninni á heimsvísu. Þar við bætist losun vegna umhirðu/nýtingar landbúnaðarlands og LULUCF. Þar er um að ræða koldíoxíð, metan og glaðloft vegna röskunar á jarðvegi, svo sem plægingar, en slík röskun stuðlar að losun þess kolefnis sem bundið er í jarðveginum. Auk þess er um að ræða

<sup>5</sup> Byggt á: Climate Policy Info Hub, á.á. og Artur Runge-Metzger, 2017.

framræslu mýra og eyðingu skóga til að búa til ræktarland. Landbúnaður og LULUCF hafa sérstöðu meðal losunarflokka í losunarútreikningum, þar sem þetta eru ekki einungis uppsprettur heldur einnig „svelgir“, þar sem kolefni getur bundist bæði ofanjarðar í plöntum og neðanjarðar í jarðvegi.

Í landbúnaði á sér enn fremur stað „falin“ losun, sem talin er fram undir öðrum flokkum skv. loftslagssamningnum, m.a. vegna rafmagnsnotkunar, eldsneytisnotkunar (dráttarvélar, flutningar) og framleiðslu aðfanga, s.s. áburðar og plöntuvarnarefna. Mismunandi er eftir framleiðslugreinum og aðstæðum hversu stór hluti heildarlosunar á rætur að rekja til annarra þátta en þeirra sem taldir eru fram undir landbúnaðarflokknum. Í sauðfjárrækt stafar langstærsti hluti losunarinnar frá þeim þáttum sem taldir eru fram undir landbúnaðarflokknum.<sup>6</sup>

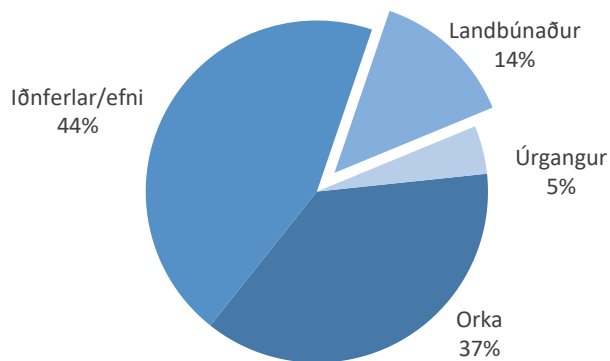
Almennt er viðurkennt að erfitt geti verið að draga úr losun á metani og glaðlofti frá landbúnaði. Því gerir tillaga að reglum ESB um skiptingu ábyrgðar ráð fyrir að þau lönd innan ESB þar sem losun frá landbúnaði er hlutfallslega stór hluti af heildarlosun fái aukið svigrúm til að nota aðgerðir á sviði landnotkunar (LULUCF) til að standa við skuldbindingar sínar í sameiginlegu markmiði ESB til 2030.

---

<sup>6</sup> Sjá t.d.: Environmental Working Group, 2011.

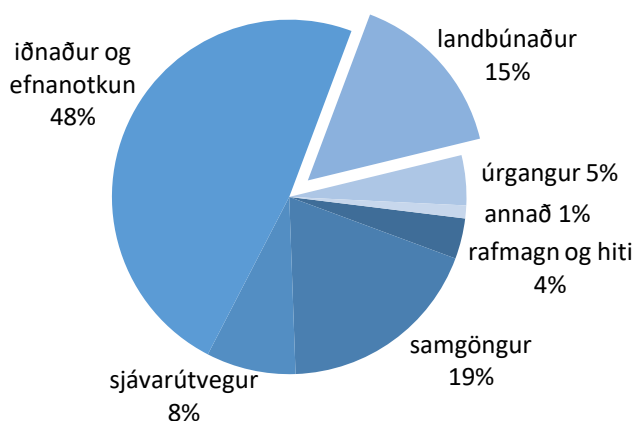
## 5 Losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði á Íslandi

Ísland skilar árlega upplýsingum um losun gróðurhúsalofttegunda til skrifstofu loftslagssamningsins. Nýjasta skýrsla Íslands er frá því í maí 2017 og tekur til losunar Íslands frá árinu 1990 til 2015. Samkvæmt skýrslunni var losun vegna landbúnaðar 616 Gg CO<sub>2</sub>-ígildi árið 2015. Heildarlosun GHG var 4.538 Gg og var hlutur landbúnaðar því 14% (sjá mynd 2). Losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði var 646 Gg árið 1990 og hefur losun því minnkað um tæp 5% á þessu tímabili.



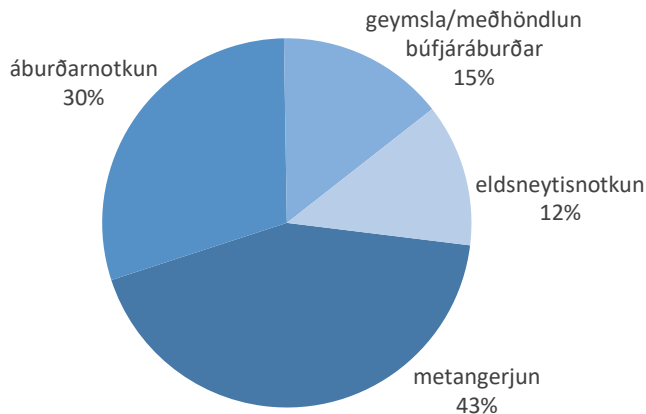
Mynd 2. Losun gróðurhúsalofttegunda (án LULUCF) á Íslandi árið 2015, flokkun UNFCCC.

Losun vegna eldsneytisnotkunar dráttarvéla og annarra farartækja sem tengjast rekstri bóa er flokkuð undir orkugeirann í skilum Ísland til loftslagssamningsins. Sé sú losun sett undir landbúnaðargeirann eykst hlutur landbúnaðar í rúm 15% af heildarlosun árið 2015. Þetta má sjá á mynd 3, en þar hefur öðrum flokkum einnig verið skipt upp á annan hátt en gert er hjá loftslagssamningnum til að gefa ljósari mynd af losun eftir greinum hér á landi.



Mynd 3. Losun gróðurhúsalofttegunda (án LULUCF) á Íslandi árið 2015 eftir greinum.

Ef sú losun sem fellur undir landbúnað á mynd 3 er greind nánar, má sjá að metangerjun veldur stærstum hluta losunarinnar eða 43%, (sjá mynd 4). Áburðarnotkun veldur um 30% af losuninni, meðhöndlun búfjáraður um 15% og eldsneytisbrensla um 12%. Losun vegna áburðarnotkunar má rekja bæði til tilbúins áburðar (um 60%) og til búfjáraður (um 40%).



Mynd 4. Losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði (án LULUCF) á Íslandi árið 2015 eftir undirflokkum.

Eins og fram kom hér að framan losna gróðurhúsalofttegundir vegna umhirðu landbúnaðarlands, landnotkunar og breyttrar landnotkunar í þágu landbúnaðar. Mikil vísindaleg óvissa er í mati á losun og bindingu vegna landnotkunar og breytinga á henni. Eins er erfitt er að greina á milli manngerðrar og náttúrulegrar losunar frá landi.

Hér á landi á umtalsverð losun sér stað vegna landnotkunar sem tengist landbúnaði en ekki liggur fyrir hvernig losunin eða landnýtingin skiptist milli mismunandi greina. Í fyrsta lagi er um að ræða losun frá framræstu landi.<sup>7</sup> Heildarflatarmál túna á framræstum jarðvegi er áætlað 56.662 ha og losun frá þessu landi er tæplega 1.700 Gg á ári. Heildarflatarmál framræst lands í úthaga er 366.100 ha og losun um 8.000 Gg á ári.<sup>8</sup>

Í öðru lagi er um að ræða losun frá mólendi sem nýtt er til beitar.<sup>9</sup> Losun frá mólendi verður vegna margs konar rofs á landinu og vegna þess að gróður rýrnar og nær ekki að halda í við niðurbrot á lífrænum efnum í jarðvegi. Verulega mikil óvissa er í mati á losun frá mólendi sem nýtt er til beitar (líklega um 400-60.500 Gg á ári).<sup>10</sup> Óvissan liggur að hluta til í mati á losun frá mólendinu sjálfu, en einnig er mikilvægt að greina betur landfræðilega á milli þeirra svæða sem nýtt eru til beitar og þeirra svæða sem ekki eru nýtt til beitar. Mest er losunin frá illa förnu landi og enn er sauðfé sums staðar beitt á slíkt land. Þótt óvissa ríki um stærðargráðu losunarinnar er augljóst að brýnt er að hætta þessari beit til að koma í veg fyrir frekari landeyðingu og hefta losun gróðurhúsalofttegunda.

Fara ætti varlega í að kenna núverandi beit alfarið um bágborið ástand lands, þar sem það stafar víða af langvarandi ofnýtingu og uppblæstri á liðnum áratugum og öldum. Nauðsynlegt er að skrásetja betur þau svæði þar sem sauðfé er beitt, bæði til að betur megi áætla þá losun sem verður á beitarlandi og til að auðvelda beitarstýringu. Unnið er að þessu í verkefninu *Kortlagning gróðurauðlindarinnar* sem er samvinnuverkefni Landssamtaka

<sup>7</sup> Þessi losun er talin með undir LULUCF í skilum Íslands til loftslagssamningsins en hefur ekki verið hluti af skuldbindingum Íslands.

<sup>8</sup> Jón Guðmundsson, 2016.

<sup>9</sup> Þessi losun hefur ekki verið talin fram undir LULUCF í skilum Íslands, en er losun engu að síður og að hluta til af mannavöldum.

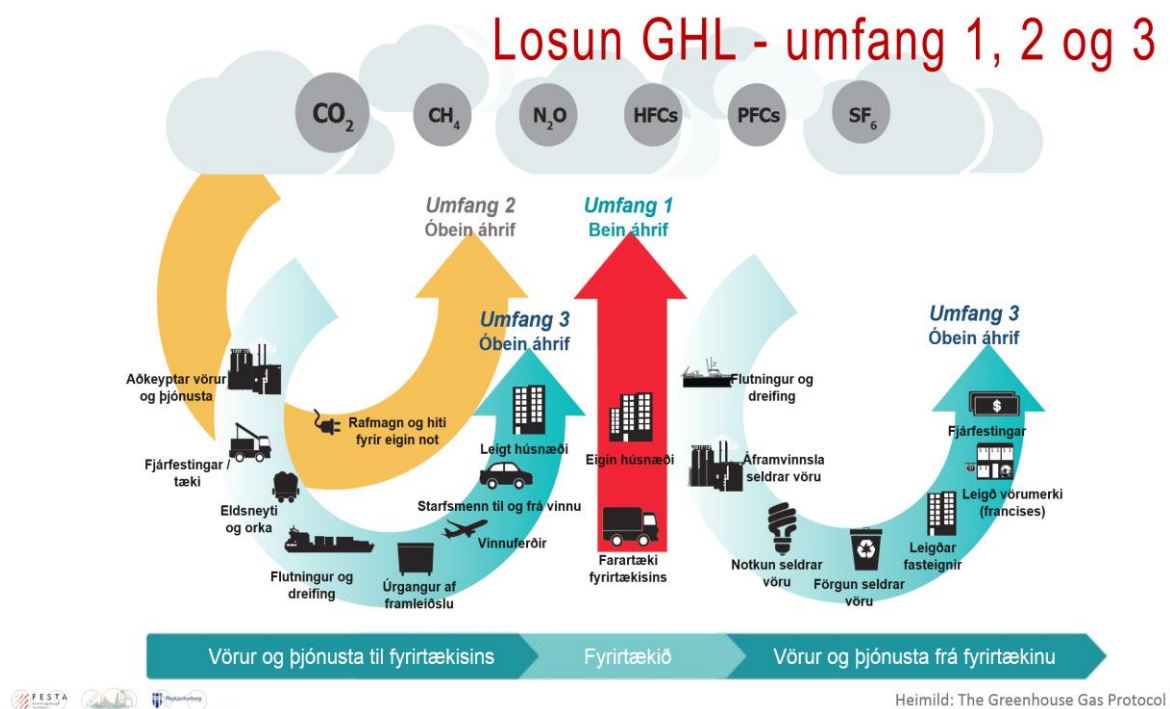
<sup>10</sup> Jón Guðmundsson, 2016.

sauðfjorbænda, Landgræðslunnar og Atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytisins og er hluti af nýgerðum búvörusamningum.



## 6 Kolefnisspor og kerfismörk

Kolefnisspor einstaklings, fyrirtækis eða annarrar rekstrareiningar er sú losun gróðurhúsalofttegunda sem á sér stað á tilteknu ári í viðkomandi starfsemi. Svonefndur GHL-leiðarvísir (e: GHG-Protocol) er leiðarvísir fyrir fyrirtæki sem vilja halda bókhald yfir losun sína á gróðurhúsalofttegundum (GHL), þ.e.a.s. reikna kolefnisspor sitt. Þessi leiðarvísir er notaður af fyrirtækjum víða um heim, en samkvæmt honum er losun metin fyrir þrjá mismunandi flokka eftir því hvar losunin á sér stað í virðiskeðju starfseminnar. Þessir flokkar hafa verið nefndir „umfang 1-3“ (e: scope 1-3). Í fyrsta lagi (flokkur eða umfang 1) er um að ræða beina losun vegna starfsemi sem er í eigu fyrirtækisins eða er stýrt af því. Í öðru lagi (flokkur eða umfang 2) er um að ræða óbeina losun vegna kaupa fyrirtækisins á rafmagni, gufu, hita eða kælingu. Í þriðja lagi (flokkur eða umfang 3) er svo um að ræða óbeina losun í virðiskeðju fyrirtækisins, bæði aðfangamegin („up-stream“) og frálagsmegin („down-stream“).



Mynd 5. Yfirlit yfir flokka (umfang) og losun gróðurhúsalofttegunda í virðiskeðju fyrirtækja skv. GHL-leiðarvísi (GHG Protocol).<sup>11</sup>

Á sauðfjábúi myndi losun vegna dýrahalds, áburðarotkunar, túnræktar og eldsneytisnotkunar vera talin fram undir umfangi 1, sem og losun vegna beitarlands. Óbein losun gróðurhúsalofttegunda vegna þess hluta rafmagnskaupa bóndans sem nýtist í rekstrinum fellur undir umfang 2. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna notkunar raforku frá vatnsafls- og jarðvarmavirkjunum er óveruleg miðað við losun frá t.d. kolaorkuverum. Samkvæmt GHL-leiðarvísinum skal meta bæði framleiðslutengda (*location based method*) losun og markaðstengda (*market-based method*) losun raforkunotkunar, þ.e.a.s. út frá upplýsingum sem taka mið af sölu upprunaábyrgða.<sup>12</sup> Margs konar óbein losun getur fallið

<sup>11</sup> Festa og Reykjavíkurborg, 2016.

<sup>12</sup> Um upprunaábyrgðir sjá: Hrafnhildur Bragadóttir og Birna S. Hallsdóttir, 2016.



undir umfang 3, eins og sjá má á mynd 1. Hér getur verið um að ræða losun aðfangamegin vegna framleiðslu og flutninga á aðföngum (áburður, plágueyðar, fóður) og losun frálagsmegin vegna slátrunar, meðhöndlunar kjöts, frystingar og kælingar, flutnings til neytenda, eldunar og úrgangsförgunar.

Þegar kolefnisspor búskapar er metið er algengast að miðað sé við alla losun frá „vöggum að hliði“. Þá er um að ræða óbeina losun vegna framleiðslu og flutninga aðfanga að bóndabæ (umfang 3, aðfangamegin í virðiskeðjunni), óbeina losun vegna orkunotkunar (umfang 2) og beina losun vegna notkunar aðfanga, búfjárræktar og túnræktar (umfang 1). Stundum er einnig reiknuð heildarlosun frá vöggum til grafar, en þá er einnig bætt við þeirri losun sem verður vegna meðhöndlunar, frystingar og kælingar, flutnings, eldunar og úrgangsförgunar (umfang 3, frálagsmegin í virðiskeðjunni).

Í því verkefni sem hér um ræðir voru kerfismörkin dregin þannig að öll bein losun vegna dýrahalds, áburðarnotkunar, túnræktar og eldsneytisnotkunar var tekin með í útreikning á kolefnisspori. Hins vegar var horft framhjá losun vegna beitilands, enda er mat á þeirri losun flókið og ónákvæmt, þar sem losun er mjög háð jarðvegsgerð, tegundasamsetningu, ástandi gróðurs á hverjum stað og fleiri þáttum, auk þess sem betri upplýsingar vantar um flatarmál lands. Ekki er heldur tilgreind sérstaklega glaðloftslosun vegna ræktunar á mójörð (histosol) þar sem eingöngu eru til upplýsingar um heildarræktun hérlendis á mójörð, en ekki skipt niður á búgreinar. Samkvæmt þessu voru eftirtaldir þættir teknir með undir umfangi 1:

- Metanmyndun í meltingarvegi
- Meðhöndlun búfjáráburðar
- Notkun búfjáráburðar
- Notkun tilbúins áburðar
- Notkun kalks og þvagefnis
- Notkun eldsneytis

Auk þátta sem falla undir umfang 1 sbr. upptalninguna hér að framan náðu útreikningarnir til raforkunotkunar (umfang 2, bæði framleiðslutengdrar losunar og markaðstengdrar losunar), svo og til framleiðslu og flutnings á tilbúnum áburði, heyrúlluplasti, illgresiseyði o.fl. (umfang 3, aðfangamegin). Inn í heildartöluna reiknast framleiðslutengd losun vegna raforkunotkunar, en losun vegna markaðstengdrar raforkunotkunar er jafnframt gefin upp til upplýsinga. Framleiðsla og flutningur á eldsneyti var ekki tekinn með í reikninginn. Þá var horft fram hjá losun sem fellur undir umfang 3, frálagsmegin, en mögulegt er að bæta fleiri þáttum inn í útreikningana með tímanum.

## 7 Losun gróðurhúsalofttegunda frá sauðfjárrækt á Íslandi

Í þessum kafla verður losun gróðurhúsalofttegunda frá sauðfjárrækt greind frá annarri losun í landbúnaði. Í fyrsta lagi er greind sú losun sem verður vegna búfjárhalds og áburðarnotkunar. Farið verður yfir helstu forsendur útreikninga og skoðað hvernig losun hefur þróast frá 1990. Einnig er fjallað stuttlega um losun vegna landnotkunar (túnrækt á framræstu landi og notkun beitarrands). Þessir þættir tilheyra umfangi 1. Loks verður fjallað stuttlega um þætti sem tilheyra umfangi 2 og 3.

### 7.1 Losun vegna búfjárhalds og áburðarnotkunar (umfang 1)

Í meltingarvegi jörturdýra á sér stað loftfirt niðurbrot (gerjun) fæðunnar. Við gerjunina myndast metan sem losnar út í andrúmsloftið með ropi og prumpi. Búfjáraður frá sauðfé (skítur og hland) inniheldur talsvert magn af lífrænum efnum og köfnunarefnissamböndum. Við geymslu búfjáraður getur myndast bæði metan og glaðloft við niðurbrot þessara efna. Magnið sem myndast er háð ýmsum þáttum, svo sem samsetningu og meltanleika fódurs, svo og geymsluskilyrðum.

Af framansögðu er ljóst að til þess að meta heildarlosun vegna búfjár og búfjáraður þarf að hafa upplýsingar um fjölda búfjár, um samsetningu og meltanleika fódurs og um geymslu búfjáraður. Tafla 1 veitir upplýsingar um heildarfjölda og þyngd sauðfjár á Íslandi árið 2015 eftir undirflokkum (ær, gemlingar, hrútar, lömb). Við útreikninga á losun er fjöldi lamba veginn miðað við að meðallíftími lamba sé 4,5 mánuðir. Í töflu 2 er að finna upplýsingar um það hlutfall búfjáraður sem ætla má að falli til í haga og um líklega skiptingu þess áburðar sem fellur til í fjárhúsum eftir því hvort hann er geymdur í þurr- eða votgeymslu.

Tafla 1. Fjöldi og þyngd sauðfjár á Íslandi árið 2015 eftir undirflokkum.<sup>13</sup>

	Fjöldi	Þyngd [kg/grip]
Ær	372.264	65
Gemlingar	88.451	35,88
Hrútar	11.746	95
Lömb	708.080	21
Samtals	1.180.541	-

Tafla 2. Hlutfall búfjáraður sem fellur til í haga eða er geymt í þurr- eða votgeymslu.<sup>14</sup>

	Geymsla búfjáraður [%]		
	Hagi	Þurrgeymsla	Votgeymsla
Ær	45%	35,75%	19,25%
Gemlingar	45%	35,75%	19,25%
Hrútar	45%	35,75%	19,25%
Lömb	100%	0%	0%

<sup>13</sup> Tölur fyrir ær, gemlinga og hrúta eru fengnar af: Datamarket, 2016. Tölur fyrir fjölda lamba eru fengnar úr CRF. Aðferðafræði til að meta fjölda lamba er lýst í NIR: Umhverfisstofnun, 2017.

<sup>14</sup> Umhverfisstofnun, 2017.

Í töflu 3 er að finna ýmsar upplýsingar um heildarorkuinntöku hvers grips á dag (GE), metanmyndunarhlutfall í meltingarvegi (Ym), meltanleika (DE) og öskuinnihald fóðurs. Í töflunni er einnig að finna upplýsingar um það þurrefni sem fellur til frá hverjum grip (VS) en það er reiknað út frá GE, DE og ösku, sem og um magn köfnunarefnis (Nex) í búfjáraburði. Upplýsingarnar eru fengnar úr CRF og NIR.

Tafla 3. Upplýsingar um fóður og eiginleika búfjáraburðar.<sup>15</sup>

	GE [MJ/d]	Ym [%]	DE [%]	Aska [%]	VS [kg þe/grip/d]	Nex [kg N/grip/ár]
Ær	26,57	7%	64%	7%	0,482	20,17
Gemlingar	22,10	5%	64%	7%	0,401	11,13
Hrútar	28,02	7%	64%	7%	0,508	29,47
Lömb	9,61	5%	77%	7%	0,111	6,52

Í töflu 4 er að finna metanmyndunarstuðul og metanmyndun í meltingarvegi sauðfjár árið 2015. Metanmyndunarstuðullinn er reiknaður út frá orkuinntöku, orkuinnihaldi metans á hvert kg og metanmyndunarhlutfalli gripanna.

Tafla 4. Metanmyndun vegna meltingar.

	Fjöldi 2015	Stuðull [kg/grip/ár]	CH <sub>4</sub> [t]
Ær	372.264	12,20	4.541
Gemlingar	88.451	7,25	641
Hrútar	11.746	12,86	151
Lömb	708.080	3,15	837
Samtals			6.170

Í töflu 5 er að finna upplýsingar um metanmyndun vegna búfjáraburðar árið 2015. Metanmyndunin er reiknað út frá magni búfjáraburðar sem fellur til í haga eða í þurr- eða votgeymslu, hámarksmetanmyndunargetu sem er 0,19 rúmmetrar á hvert kg af þurrefni búfjáraburðar (VS) og metanmyndunarhlutfalli í haga (1%), þurrgeymslu (2%) og votgeymslu (17%).<sup>16</sup>

Tafla 5. Metanmyndun (búfjáraburður)

	CH <sub>4</sub> [t]			
	Hagi	Þurrgeymsla	Votgeymsla	Samtals
Ær	38	60	273	370
Gemlingar	7	12	54	73
Hrútar	1	2	9	12
Lömb	14	0	0	14
Samtals	60	73	336	469

<sup>15</sup> Umhverfisstofnun, 2017.

<sup>16</sup> Umhverfisstofnun, 2017.

Í töflu 6 er að finna upplýsingar um glaðloftsmyndun vegna búfjáraburðar árið 2015, sem reiknuð er út frá glaðloftsmyndunargetu í áburðargeymslum (0,5%)<sup>17</sup> og út frá köfnunarefnismagni búfjáraburðar (Nex) sem fellur til á hvorum geymslustað.

Tafla 6. Glaðloftsmyndun við geymslu búfjáraburðar

	N <sub>2</sub> O [t]			Samtals
	Þurrgeymsla	Votgeymsla	Óbein losun	
Ær	21	11	9	41
Gemlingar	3	1	1	5
Hrútar	1	1	0	2
Lömb	0	0	0	0
<b>Samtals</b>	<b>25</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>49</b>

Í töflu 7 er að finna upplýsingar um magn köfnunarefnis í búfjáraburði 2015 eftir því hvar hann féll til. Eins og sjá má var samtals 4.861 tonn af köfnunarefni (3.160+1.701) borið á tún í formi búfjáraburðar árið 2015. Auk þess dreifðust 5.707 tonn af köfnunarefni beint vegna sauðfjár í haga.

Tafla 7. Köfnunarefni búfjáraburðar sem fellur til í haga eða þurr- eða votgeymslum

	N í búfjáraburði [tonn]		
	Hagi	Þurrgeymsla	Votgeymsla
Ær	3.378	2.684	1.445
Gemlingar	443	352	190
Hrútar	156	124	67
Lömb	1.730	0	0
<b>Samtals</b>	<b>5.707</b>	<b>3.160</b>	<b>1.701</b>

Þessu til viðbótar voru um 3.300 tonn af köfnunarefni borin á tún í formi tilbúins áburðar.<sup>18</sup>

Hluti þess köfnunarefnis sem borið er á tún og fellur til í haga myndar glaðloft í jarðvegi. Hluti köfnunarefnisins skolast út og gufar upp og er ekki nýtilegt gróðri. Þetta köfnunarefni flyst til í umhverfinu og getur valdið losun glaðlofts á þeim stað sem það endar á. Heildarlosun glaðlofts vegna þess köfnunarefnis sem borið var á tún árið 2015 eða féll til í haga nam 202 tonnum.<sup>19</sup> Þar af var bein losun frá jarðvegi túna um 114 tonn en óbein losun annars staðar 87 tonn.

<sup>17</sup> IPCC, 2006.

<sup>18</sup> Unnsteinn Snorrason, framkvæmdastjóri Landssamtaka sauðfjárbænda, símtal 17.10.2017. Hér er miðað við að 70 kg af köfnunarefni úr tilbúnum áburði þurfi á hvern ha af túnum og að hver ha dugi til að fóðra 10 kindur.

<sup>19</sup> Summan af N<sub>2</sub>O sem myndast vegna N í haga, búfjár-N áborið og tilb.-N áborið, sbr. forsendur um beina losun, útskolun og uppgufun og losun í viðtaka, sjá IPCC, 2006.

Samkvæmt framanskráðu losaði sauðfjárræktin á Íslandi samtals 6.639 tonn af metani og 250 tonn af glaðlofti ár árinu 2015. Þetta samsvarar 241 Gg CO<sub>2</sub>-ígilda.<sup>20</sup> Rétt er að undirstrika að hér er eingöngu um að ræða þá losun sem verður vegna búfjár, meðhöndlunar búfjáraburðar og notkunar áburðar.

Í töflu 8 er að finna upplýsingar um heildarfjölda búfjár, kjötframleiðslu og losun gróðurhúsalofttegunda vegna ofantalinna þátta (þeir þættir sem falla undir landbúnaðarkafli UNFCCC) árin 1990, 2005 og 2015.<sup>21</sup> Árið 1990 var heildarfjöldi sauðfjár 1.383.667 gripir, þar af 445.635 ær. Losun gróðurhúsalofttegunda í sauðfjárrækt árið 1990 var 282 Gg sem samsvarar 44% af losun landbúnaðar þess árs. Árið 2005 var heildarfjöldi sauðfjár 1.138.630 gripir, þar af 360.375 ær. Losun gróðurhúsalofttegunda var þá 232 Gg sem samsvarar 41% af losun landbúnaðar þess árs. Árið 2015 var heildarfjöldi sauðfjár 1.180.541 gripir, þar af 372.264 ær. Losun gróðurhúsalofttegunda var þá 241 Gg sem samsvarar 39% af losun landbúnaðar þess árs.

Tafla 8. Fjöldi og þyngd sauðfjár á Íslandi eftir undirflokkum 1990, 2005 og 2015 og losun gróðurhúsalofttegunda vegna sauðfjárræktar sömu ár.<sup>22,23</sup>

	1990	2005	2015
Ær	445.635	360.375	372.264
Gemlingar	89.795	83.348	88.451
Hrútar	13.277	11.227	11.746
Lömb	834.960	683.680	708.080
Samtals sauðfé	1.383.667	1.138.630	1.180.541
Kjötframleiðsla, t	9.454	8.738	10.185
Losun GHL, Gg	282	232	241
Losun GHL á framleitt lambakjöt, kg/kg	29,9	26,6	23,6

Eins og sjá má af töflu 8 hefur losun gróðurhúsalofttegunda vegna búfjár og áburðarotkunar frá sauðfjárrækt á Íslandi dregist töluvert saman frá árinu 1990. Þessi samdráttur stafar annars vegar af fækkun búfjár og hins vegar af bættum framleiðsluháttum. Á sama tíma hefur losun á hvert framleitt kg af lambakjöti einnig minnkað töluvert. Þetta stafar væntanlega einkum af aukinni frjósemi og auknum fallþunga, eða með öðrum orðum af auknum afurðum eftir hverja vetrarfóðraða á.

## 7.2 Önnur losun (umfang 1)

Eins og fram hefur komið losna gróðurhúsalofttegundir vegna notkunar þvagefnis, kalks og eldsneytis í búfjárrækt. Ekki eru til tölur um notkun þessara aðfanga í sauðfjárræktinni einni og sér, en ef gert er ráð fyrir að helmingur þess þvagefnis og kalks sem notað er á landsvísu sé nýtt í sauðfjárrækt má gera ráð fyrir að losun vegna notkunar þessara efna hafi verið 2,2

<sup>20</sup> Sjá töflu 9, fimm fyrstu línurnar.

<sup>21</sup> Árið 1990 er viðmiðunarár loftslagssamningsins, árið 2005 er viðmiðunarár fyrir kerfi um skiptingu ábyrgðar og nýjustu tölur um losun gróðurhúsalofttegunda eru frá árinu 2015

<sup>22</sup> Umhverfisstofnun, 2017.

<sup>23</sup> Hagstofa Íslands, 2017.

Gg CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2015.<sup>24</sup> Ef einnig er gert ráð fyrir að sauðfjárræktin hafi notað um helming þess jarðeldsneytis sem áætlað er að hafi verið notað í landbúnaði á Íslandi árið 2015, má ætla að losun sauðfjárræktarinnar vegna eldsneytisnotkunar hafi samsvarað um 39,3 Gg CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2015.<sup>25</sup>

### 7.3 Losun vegna landnotkunar (umfang 1)

Hér á landi á sér stað umtalsverð losun vegna landnotkunar sem tengist sauðfjárrækt, í fyrsta lagi frá þeim hluta framræsts lands sem nýtt er sem ræktar- eða beitiland í sauðfjárrækt, í öðru lagi vegna ræktunar á mójörð og í þriðja lagi frá mólendi, sér í lagi illa förnu mólendi. Upplýsingar vantar um flatarmál þessara landflokka í sauðfjárrækt, auk þess sem veruleg óvissa er í mati á losun þessara landnotkunarflokka. Mikilvægt er að safna góðum gögnum um landnotkun í sauðfjárrækt og finna leiðir til að bæta mat á losun. Hér hefur ekki verið lagt mat á losun vegna landnotkunar í sauðfjárrækt.

### 7.4 Önnur losun (umfang 2 og 3)

Óbein losun gróðurhúsalofttegunda vegna þess hluta rafmagnskaupa sauðfjárbús sem nýttist í rekstrinum fellur undir umfang 2. Ekki eru til tölur um rafmagnsnotkun í sauðfjárrækt, en ef gert er ráð fyrir að árið 2015 hafi sauðfjárræktin í landinu nýtt samtals um 10.000 MWst, má áætla að losun vegna þessarar raforkunotkunar hafi samsvarað um 0,1 Gg. Þá er miðað við að framleiðslutengd losun sé 10,1 g á hverja kWst.<sup>26</sup> Markaðstengd losun var 158 g á hverja kWst<sup>27</sup> og heildarlosun vegna markaðstengdrar raforkunotkunar því um 1,6 Gg<sup>28</sup> miðað við sömu forsendur varðandi notkun.

Undir umfang 3 fellur losun vegna framleiðslu<sup>29</sup> og flutnings<sup>30</sup> tilbúins áburðar, framleiðslu<sup>31</sup> og flutnings landbúnaðarplasts og flutnings annarra aðfanga (s.s. fóðurs). Losun vegna þessara þátta var samtals um 8 Gg árið 2015.

### 7.5 Losun frá sauðfjárrækt, samtals

Í töflu 9 er losun gróðurhúsalofttegunda frá sauðfjárrækt á Íslandi árið 2015 sundurliðuð eftir þáttum og greind niður á mismunandi flokka (flokkur/umfang 1, rautt; flokkur/umfang 2, gult; flokkur/umfang 3, grænt).

<sup>24</sup> Reiknað út frá kolefnisinnihaldi viðkomandi efnis, sjá Jón Guðmundsson, 2016.

<sup>25</sup> Eldsneytisnotkun: Jón Guðmundsson, 2016. Stuðlar fyrir losun vegna notkunar bensín og dísil eru fengnir úr CRF.

<sup>26</sup> Umhverfisstofnun, 2017.

<sup>27</sup> Orkustofnun, á.á.

<sup>28</sup> Þess má geta að mun meiri losun var á hverja kWst árið 2016 vegna aukinnar sölu upprunaábyrgða úr landi það ár miðað við árið 2015.

<sup>29</sup> IPCC, 2006.

<sup>30</sup> Varðandi flutninga er gert ráð fyrir 5000 km sjóflutningum á innfluttum vörum og 250 km landflutningum. Um losunarstuðla fyrir flutninga, sjá Cefic og ECTA, 2011.

<sup>31</sup> UK Government, 2016.

Tafla 9. Greining losunar gróðurhúsalofttegunda 2015 eftir uppsprettum.

Greining losunar	Losun 2015 [Gg CO <sub>2</sub> -íg.]
Metan frá meltingarvegi	154,3
Metan vegna geymslu búfjáráburðar	11,7
Glaðloft vegna geymslu búfjáráburðar	14,5
Glaðloft vegna notkunar búfjáráburðar	45,8
Glaðloft vegna notkunar tilbúins áburðar	14,3
Notkun kalks og þvagefnis	2,2
Jarðeldsneytisnotkun	39,3
Raforkunotkun	0,1
Framleiðsla og flutningur tilbúins áburðar	5,8
Framleiðsla og flutningur rúlluplasts	3,2
Framleiðsla og flutningur annarra aðfanga	0,2
<b>Samtals</b>	<b>291,4</b>

Eins og Tafla 9 gefur til kynna nam heildarlosun gróðurhúsalofttegunda frá sauðfjárrækt á Íslandi 291,4 Gg CO<sub>2</sub>-ígilda árið 2015 miðað við þær forsendur sem hér er gengið út frá. Inn í þessa losun vantar m.a. losun vegna landnotkunar og vegna flutnings á eldsneyti (sjá skýringar annars staðar í skýrslunni). Árið 2015 nam framleiðsla lambakjöts samtals 10.185 tonnum sem þýðir að kolefnisspor greinarinnar frá vöggu að hliði var 28,6 kg CO<sub>2</sub>-ígilda á hvert framleitt kg lambakjöts.

## 8 Kolefnisspor sauðfjárræktar á Íslandi

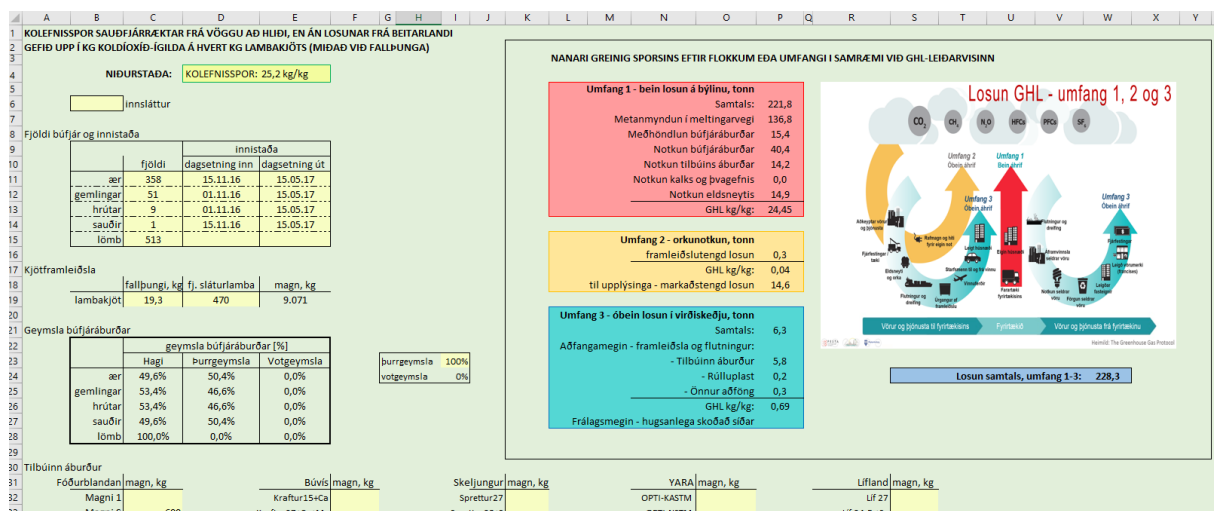
Environice hefur hannað einfalt líkan sem gerir sauðfjárþændum kleift að reikna kolefnisspor búa sinna. Líkanið er Excel-skjal sem samanstendur af þremur blöðum sem merkt eru sem *Leiðbeiningar*, *Kolefnisspor* og *Aðgerðir*.

Á blaðinu *Leiðbeiningar* er að finna örstuttar leiðbeiningar um notkun líkansins.

Á blaðinu *Kolefnisspor* eru reitir þar sem bóndinn getur slegið inn upplýsingar um fjölda búfjár og ýmis aðföng sem notuð eru á búinu. Líkanið reiknar kolefnisspor búsins jafnóðum út frá upplýsingunum sem slegnar eru inn. Niðurstaðan er birt sem losun gróðurhúsalofttegunda, mæld í kg CO<sub>2</sub>-ígilda á hvert kíló framleidds dillakjöts. Hægra megin á blaðinu er losunin sundurliðuð miðað við eftirfarandi skiptingu:

1. Flokkur eða umfang 1 (Scope 1)
  - Losun vegna búfjár og ræktarlands
  - Losun vegna eldsneytisnotkunar á býli
  - LULUCF: Losun ekki metin, vegna mikillar óvissu og takmarkaðra upplýsinga.
2. Flokkur eða umfang 2 (Scope 2)
  - Losun vegna rafmagnsnotkunar
3. Flokkur eða umfang 3 (Scope 3)
  - Losun vegna framleiðslu og flutnings aðfanga
  - (Hægt að bæta losun vegna frálags við síðar, ef ástæða þykir til)

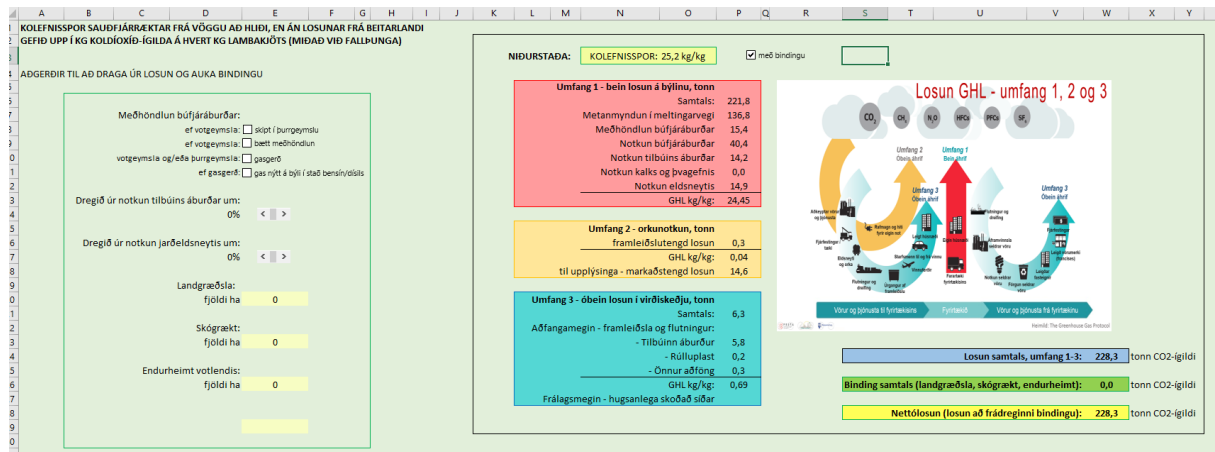
Stefnt er að því að vinna áfram með líkanið þannig að ýmsar upplýsingar sem þændur slá inn í aðra grunna geti lesist beint inn í líkanið.



Mynd 6. Skjáskot af blaðinu „Kolefnisspor“ með tölum frá ótilgreindu býli.

Á blaðinu *aðgerðir* getur bóndinn skoðað hvaða áhrif mismunandi aðgerðir gætu haft á kolefnissporið, t.d. breytt/bætt meðhöndlun búfjáraðurðar, samdráttur í notkun tilbúins áburðar, samdráttur í jarðeldsneytisnotkun, og aðgerðir á sviði landnotkunar (landgræðsla, skógrækt, endurheimt votlendis).





Mynd 7. Skjáskot af blaðinu „Aðgerðir“ (óútfylltu).

Sundurliðun kolefnissporsins er enn að finna hægra megin á síðunni. Tölurnar í þeirri töflu breytast jafnóðum og áformaðar aðgerðir eru slegnar inn og sýna þannig á einfaldan hátt hvaða árangurs má vænta af hverri aðgerð um sig. Þar má t.d. sjá að samdráttur í notkun tilbúins áburðar dregur bæði úr beinni losun vegna notkunar tilbúins áburðar (umfang 1) og vegna framleiðslu og flutnings áburðar (umfang 3), enda þótt sá samdráttur eigi sér ekki stað hérlandis.

## 9 Leiðir til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda

Á aðalfundi Landsamtaka sauðfjábænda í mars 2017 var samþykkt framtíðarstefna til ársins 2027, þar sem m.a. kemur fram að íslensk sauðfjárrækt skuli kolefnisjöfnuð eins fljótt og kostur er. Til að ná þessu markmiði þurfa sauðfjábændur að grípa til margháttaðra aðgerða til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda frá rekstri búanna og til að auka kolefnisbindingu í gróðri og jarðvegi.

Í skýrslu Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands (HHÍ) í febrúar 2017 er bent á leiðir til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og lagt mat á kostnað við aðgerðir.<sup>32</sup> Í umfjöllun um landbúnað er þar þó ekki greint milli búfjárttegunda. Í skýrslunni er ekki heldur fjallað um dráttarvélar, repjurækt, losun frá landi né kælimiðla. Nokkrir aðrir vankantar eru á skýrslunni hvað landbúnaðinn varðar. Þar er því m.a. ranglega haldið fram að útreikningar í losunarbókhalda Íslands ofmeti losun jórturdýra þar sem ekki sé tekið tillit til stærð íslenska bústofnsins. Auk þess er umfjöllun skýrslunnar um einstakar aðgerðir oft ekki nægjanlega ítarleg til að hægt sé yfirfæra árangur eða kostnað. Í sumum tilvikum er jafnvel óljóst um hvað tiltekna aðgerðir snúast. Af þessum sökum er ekki hægt að nýta niðurstöður skýrslunnar beint hér. Þær aðgerðir sem fjallað er um í landbúnaðarhlutanum eru: bætt fóðurgjöf, bætt geymsla búfjáraburðar, bætt nýting búfjáraburðar og metangasgerð. Fram kemur í skýrslu HHÍ að ódýrt sé að bæta geymslu búfjáraburðar og að bætt nýting búfjáraburðar og metangasvinnsla myndu skila ábata.

Hér á eftir verður fjallað lauslega um nokkra möguleika til að draga úr losun frá sauðfjárrækt, s.s.:

- Framleiðslustýringu
- Meðhöndlun búfjáraburðar (þ.m.t. metangasvinnslu)
- Minni notkun tilbúins áburðar
- Beitarstýringu
- Framleiðslu og notkun repjuólíu
- Fóðurstýringu

Þá verður einnig fjallað um leiðir til að nýta aðgerðir á sviði landnotkunar til að draga úr losun og/eða auka bindingu, nánar tiltekið landgræðslu, skógrækt og endurheimt votlendis.

### 9.1 Framleiðslustýring

Rætt hefur verið að fækka sauðfé um 20% til að draga úr framleiðslu lambakjöts. Fækkun dregur úr losun gróðurhúsalofttegunda og í því sambandi myndi fækkun á mikið beittum svæðum skila mestum árangri.

Sé miðað við að 20% fækkun sauðfjár myndi leiða til samsvarandi samdráttar í nýtingu aðfanga myndi losun gróðurhúsalofttegunda jafnframt minnka um 20%, fara úr 292 Gg árið 2015 í 233 Gg eftir fækkun. Samdrátturinn næmi um 58 Gg.

<sup>32</sup> Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2017.

## 9.2 Meðhöndlun búfjáraburðar

Bæta má nýtingu búfjáraburðar og draga úr þörf fyrir tilbúinn áburð með vali á dreifingartíma og dreifingaraðferð. Slíkt krefst hins vegar úrbóta í tækni við nýtingu búfjáraburðar, upplýsinga um efnainnihald jarðvegs og búfjáraburðar og áætlanagerðar um dreifingu og næringarefnasamsetningu áburðar.

Hægt er að minnka losun með breyttri og bættri geymslu og meðhöndlun búfjáraburðar. Meiri glaðloftslosun er frá votgeymslum en þurrgeymslum. Með því að skipta yfir í þurrgeymslur væri hægt að draga úr losun um 7,9 Gg.

Önnur leið til að draga úr losun frá votgeymslum er að geyma búfjáraburð í loftþéttum geymslum eða draga úr yfirborðsflatarmáli áburðarins. Á þann hátt er hægt að draga úr losun rokgjarnra efna, s.s. ammoníaks og glaðlofts. Slíkt myndi leiða til bættrar nýtingar áburðarefna og draga úr þörf fyrir tilbúinn áburð. Ekki liggja fyrir nægar forsendur til að meta hversu miklu þessi aðgerð gæti skilað.

Með gasgerð búfjáraburðar væri hægt að koma nær alveg í veg fyrir losun metans vegna geymslu áburðarins, auk þess losun glaðlofts myndi minnka umtalsvert eða um 60%. Ef allur búfjáraburður frá sauðfjárræktinni væri gasgerður myndi losun gróðurhúsalofttegunda minnka um 20,4 Gg á ári. Gasgerðin myndi gefa af sér um 5,6 kt af nýtanlegu metani. Það samsvarar rúmlega 7 kt af fljótandi eldsneyti sem gæti fræðilega séð komið nokkurn veginn í stað tæplega 60% af því eldsneyti sem notað er í sauðfjárrækt í dag. Auðvitað þyrfti þó að leysa ýmis tæknileg mál varðandi vélar áður en af því gæti orðið. Auk þess væri hægt að draga úr notkun tilbúins áburðar. Slíkt myndi minnka beina losun vegna notkunar áburðar um 1,8 Gg á ári og óbeina losun vegna framleiðslu og flutnings tilbúins áburðar um 0,6 Gg.

Metangasvinnsla hefur ýmsa aðra kosti, svo sem:

- Minni lyktarmengun
- Minna næringarefnatap og þar með möguleiki á að draga úr notkun á tilbúnum áburði
- Minni losun metans og ammoníaks út í andrúmsloftið
- Áburðurinn verður minna sóttmengandi
- Illgresisfræ mynda síður kím
- Áburðurinn verður ekki eins ætandi fyrir plöntur fyrst eftir dreifingu
- Mögulegt að nýta einnig önnur lífræn úrgangsefni og takmarka þannig enn frekar notkun tilbúins áburðar
- Áburðurinn verður einsleitari og því auðveldara í blöndun, dælingu og dreifingu.<sup>33</sup>

Metangasvinnsla hentar betur fyrir búfjáraburð úr votgeymslum þar sem áburður í þurrgeymslum inniheldur oft það mikið af stoðefnum að áburðurinn er á föstu formi. Þá hentar betur að jarðgera hann eða bera beint á tún. Engu að síður ætti að kanna vel þann möguleika að stunda gasgerð úr búfjáraburði vegna hinna mörgu kosta sem slík vinnsla hefur í för með sér. Þá þyrfti væntanlega í flestum tilfellum að taka annan lífrænan úrgang með í vinnsluna, annað hvort búfjáraburð með lægra þurrefnainnihald eða annað hentugt efni,

<sup>33</sup> Heinz Schulz, 1996.

bæði til að ná stærðarhagkvæmni og til að úrgangurinn hafi hentugri eiginleika m.t.t. metangasvinnslu. Í útreikningum fyrir mögulega metanmyndun er stuðst við erlenda stuðla þar sem mælingar hafa ekki verið gerðar hérlendis. Til að bæta áætlunargerðina þyrfti að leggja mat á metanmyndunargetu íslensks búfjáraburðar.

### 9.3 Minni notkun tilbúins áburðar

Ef hægt væri að sleppa notkun tilbúins áburðar gæti losun frá sauðfjárrækt á Íslandi minnkað um 34,6 Gg vegna notkunar áburðarins og um 12 Gg vegna framleiðslu hans og flutnings til landsins. Samtals myndi því draga úr losun um 46,6 Gg CO<sub>2</sub>-ígilda.

### 9.4 Beitarstýring

Ljóst er að töluverð óvissa er í mati á losun frá beitarlandi. Að sama skapi ríkir því töluverð óvissa um árangur beitarstýringar hvað losun gróðurhúsalofttegunda varðar. Betri upplýsingar fást væntanlega á næstu árum eftir því sem verkefninu *Kortlagning gróðurauðlindarinnar* vindur fram.

### 9.5 Framleiðsla og notkun repjuolíu

Í skýrslu Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands er gert lítið úr þeim tækifærum sem kunna að liggja í repjuræktun og framleiðslu á olíu úr henni. Umfjöllun skýrslunnar er í raun óbreytt frá fyrri skýrslu sem út kom árið 2009, þrátt fyrir að nokkrar skýrslur hafi birst um málefnið í millitíðinni. Ástæða er til að kanna nánar möguleikana sem í þessu kunna að liggja. Repjuolía telst kolefnishlutlaus og aukin notkun hennar í landbúnaði myndi því draga úr losun vegna eldsneytisnotkunar. Telja verður þó á móti þá losun sem verður t.a.m. vegna notkunar áburðar og annarra aðfanga við framleiðslu repjuolíunnar.

### 9.6 Fóðurstýring

Hægt er að breyta fóðrun þannig að metanmyndun minnki. Fræðilega séð væri t.d. hægt að bæta þörungnum *Asparogopsis taxiformis* út í fóðrið, en slíkt hefur talsverð áhrif á metanmyndun jörturdýra ef marka má fyrirbyggjandi rannsóknir á rannsóknastofum.<sup>34</sup> Hugsanlega gætu fleiri þörungategundir skilað álíka árangri, en rannsóknir skortir til að hægt sé að fullyrða um það. Öllum breytingum á fóðrun fylgir einhver áhætta, svo sem vegna óvissu um áhrif á dýrin og á bragð og gæði afurðarinnar.

### 9.7 Aðgerðir á sviði landnotkunar

Landgræðsla getur lækkað kolefnisspor viðkomandi rekstraraðila verulega, annars vegar með því að stöðva losun frá landi í hnignun og hins vegar með því að byggja upp jarðveg og gróðurþekju sem hvort tveggja bindur kolefni. Mestum árangri á þessu sviði hægt að ná á landi í hnignun, þar sem í raun er hægt að ná samtímis fram samdrætti í losun og aukinni bindingu. Árangurinn ræðst mjög af ástandi landsins og þeim aðferðum sem beitt er. Því er erfitt að tiltaka fasta tölu á hektara. Í líkani Environice er fyrst um sinn gert ráð fyrir að landgræðsla bæti kolefnisbúskapinn að meðaltali um 2,1 tonn CO<sub>2</sub>-ígilda á hektara á ári.<sup>35</sup>

<sup>34</sup> Robert D. Kinley et.al, 2015.

<sup>35</sup> Sbr.: Jón Guðmundsson, 2016.

Skógrækt er vel þekkt leið til að binda kolefni. Árangurinn ræðst þó mjög af því hvernig staðið er að skógræktinni, bæði hvað varðar ástand viðkomandi lands í upphafi verkefnis og af vali á trjátegundum og ræktunaraðferðum. Eins skiptir máli hvernig bindingin er reiknuð, þ.e. hvort gert er ráð fyrir línulegum vexti frá fyrsta degi eða hvort reiknað er með að trén nái ekki fullum afköstum í bindingu fyrr en að einhverjum árum liðnum. Loks skiptir máli hvort bindingunni er dreift á fleiri eða færri ár, þ.e. hvenær trén hafa náð fullum vexti þar sem binding og losun vegast á. Í líkani Environice er fyrst um sinn gert ráð fyrir að skógrækt bæti kolefnisbúskapinn að meðaltali um 6,2 tonn CO<sub>2</sub>-ígilda á hektara á ári.<sup>36</sup>

Endurheimt votlendis er líklega sú aðgerð á sviði landnotkunar sem getur haft mest áhrif til lækkunar á kolefnisspori. Í óröskuðu votlendi kemur há vatnsstaða í veg fyrir að súrefni berist niður í svörðinn, sem þýðir að þar getur loftháð niðurbrot lífrænna efna ekki átt sér stað nema að mjög óverulegu leyti. Við náttúrulegar aðstæður í votlendi á sér hins vegar stað eitthvert loftfirrt niðurbrot sem leiðir til losunar metans út í andrúmsloftið. Þar er þó ekki um stórar tölur að ræða, auk þess sem sú losun telst náttúruleg og á því ekki heima í kolefnisbókhaldi jarðareigandans. Þegar votlendi er ræst fram kemst súrefni niður í svörðinn, niður að hinu nýja vatnsyfirborði. Þá hefst oxun lífrænna efna sem leiðir til losunar á CO<sub>2</sub> út í andrúmsloftið. Þessi losun er veruleg og stendur yfir árum saman. Sé votlendið endurheimt með því að stífla eða fylla upp í framræsluskurði stöðvast oxunin þegar í stað og þar með stöðvast losun CO<sub>2</sub>. Árangurinn ræðst þó eðlilega af því hversu langt eyðing lífræns efnis er gengin áður en endurheimtin hefst, af endanlegri vatnsstöðu og af fleiri þáttum. Í líkani Environice er fyrst um sinn gert ráð fyrir að endurheimt votlendis komi að meðaltali í veg fyrir losun á um 19,5 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda á hektara á ári.<sup>37</sup>

## 9.8 Dæmi um árangur aðgerða

Í töflunum hér á eftir eru gefin dæmi um þann samdrátt í losun gróðurhúsalofttegunda sem hljótast myndi af nokkrum þeirra aðgerða sem raktar hafa verið hér að framan.

Tafla 10. Áhrif tiltekinna aðgerða á losun gróðurhúsalofttegunda frá íslenski sauðfjárrækt.

Greining losunar	Losun 2015	Fækkun fjár, 20%	Breyting	Ef þurrgeymsla	Breyting	Gasgerð	Breyting	Tilbúinn áburður, -50%	Breyting	Jarðeldsneyti, -50%	Breyting
Metan frá meltingarvegi	154,3	123,4	-20%	154,3	0%	154,3	0%	154,3	0%	154,3	0%
Metan vegna geymslu búfjáráburðar	11,7	9,4	-20%	4,3	-63%	0	-100%	11,7	0%	11,7	0%
Glaðloft vegna geymslu búfjáráburðar	14,5	11,6	-20%	14,1	-3%	5,8	-60%	14,5	0%	14,5	0%
Glaðloft vegna notkunar búfjáráburðar	45,8	36,6	-20%	45,8	0%	45,8	0%	45,8	0%	45,8	0%
Glaðloft vegna notkunar tilbúins áburðar	14,3	11,5	-20%	14,3	0%	12,5	-13%	7,2	-50%	14,3	0%
Notkun kalks og þvagefnis	2,2	1,8	-20%	2,2	0%	2,2	0%	2,2	0%	2,2	0%
Jarðeldsneytisnotkun	39,3	31,4	-20%	39,7	1%	17,1	-56%	39,7	1%	19,9	-49%
Raforkunotkun	0,1	0,1	-20%	0,1	0%	0,1	0%	0,1	0%	0,1	0%
Framleiðsla og flutningur tilbúins áburðar	5,8	4,7	-20%	5,8	0%	5,2	-11%	2,9	-50%	5,8	0%
Framleiðsla og flutningur rúlluplasts	3,2	2,6	-20%	3,2	0%	3,2	0%	3,2	0%	3,2	0%
Framleiðsla og flutningur annarra aðfanga	0,2	0,1	-20%	0,2	0%	0,2	0%	0,2	0%	0,2	0%
<b>Samtals</b>	<b>291,4</b>	<b>233,2</b>	<b>-20%</b>	<b>284,0</b>	<b>-3%</b>	<b>246,4</b>	<b>-15%</b>	<b>281,8</b>	<b>-3%</b>	<b>272,0</b>	<b>-7%</b>

Eins og Tafla 10 gefur til kynna myndi fækkun sauðfjár um 20% að öðru óbreyttu leiða til 20% samdráttar í öllum þáttum búrekstrarins. Ef allur búfjáráburður væri settur í þurrgeymslu í

<sup>36</sup> Sbr.: Jón Guðmundsson, 2016.

<sup>37</sup> Varfærin nálgun í samræmi aðferðafræði loftslagssamningsins.

stað votgeymslna myndi losun frá geymslu áburðarins minnka verulega, en þegar á heildina er litið myndi þetta þó aðeins skila 3% samdrætti í heildarlosun búgreinarinnar. Ef metangas væri framleitt úr öllum búfjáráburðinum myndi heildarlosunin minnka um 15%, 50% samdráttur í notkun tilbúins áburðar myndi minnka heildarlosunina um 3% og 50% minnkun í notkun jarðeldsneytis myndi skila 7% samdrætti. Þessir útreikningar eru settir fram sem dæmi, en í reynd er erfitt að breyta einum þessara þátta án áhrifa á hina þættina.

Tafla 11 sýnir samanlögð áhrif þess að fækka sauðfé um 20%, minnka notkun tilbúins áburðar um 50% og draga úr notkun jarðeldsneytis um 50%. Þessar aðgerðir myndu skila samanlagt 28% samdrætti í losun gróðurhúsalofttegunda frá íslenskri sauðfjárrækt, að því gefnu að aðgerðirnar hafi ekki önnur óbein áhrif til aukningar eða minnkunar á losun.

Tafla 11. Samanlögð áhrif þriggja tiltekinna aðgerða á losun gróðurhúsalofttegunda frá íslenskri sauðfjárrækt.

Greining losunar	Losun 2015	Fækkun fjár (-20%), tilbúinn áburður (-50%), jarðeldsneyti (-50%)	Breyting
Metan frá meltingarvegi	154,3	123,4	-20%
Metan vegna geymslu búfjáráburðar	11,7	9,4	-20%
Glaðloft vegna geymslu búfjáráburðar	14,5	11,6	-20%
Glaðloft vegna notkunar búfjáráburðar	45,8	36,6	-20%
Glaðloft vegna notkunar tilbúins áburðar	14,3	5,7	-60%
Notkun kalks og þvagefnis	2,2	1,8	-20%
Jarðeldsneytisnotkun	39,3	15,9	-60%
Raforkunotkun	0,1	0,1	-20%
Framleiðsla og flutningur tilbúins áburðar	5,8	2,3	-60%
Framleiðsla og flutningur rúlluplasts	3,2	2,6	-20%
Framleiðsla og flutningur annarra aðfanga	0,2	0,1	-20%
<b>Samtals</b>	<b>291,4</b>	<b>209,5</b>	<b>-28%</b>

### 9.9 Dæmi um kostnað við mótvægisáðgerðir

Í kafla 9.7 eru tiltekna þrenns konar áðgerðir á sviði landnotkunar sem eru til þess fallnar að lækka kolefnisspor. Þar eru einnig settar fram meðaltalstölur um ætlaðan árangur af hverri áðgerð um sig, talið í tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda á hektara á ári. Í eftirfarandi töflu er sett fram dæmi um kostnað við að kolefnisjafna alla losun sauðfjárræktarinnar á Íslandi með áðgerðum af þessu tagi. Í dæminu er gert ráð fyrir landgræðslu á 1.500 ha, að skógur verði ræktaður á 500 ha og að endurheimtir verði 14.700 ha af votlendi. Þessar skipting er einvörðungu sett fram sem dæmi sem fræðilega séð gæti vegið upp á móti árlegu kolefnisspori sauðfjárræktarinnar á Íslandi, án þess að fyrst hafi verið gripið til áðgerða til að draga úr losun, (sbr. kafla 9.1-9.6).

Tafla 12. Dæmi um kostnað við kolefnisjöfnun íslenskrar sauðfjárræktar.

	Binding t/ha/ár	Kostn. Kr/ha	Kostn. Kr/t	Hektarar samtals	Binding t/ár	Kostn. kr.
Landgræðsla	2,1	166.675	79.369	1.500	3.150	250.012.500
Skógrækt	6,2	355.065	57.269	500	3.100	177.532.500
Endurheimt votlendis	19,5	25.000	1.282	14.700	286.650	367.500.000
					<b>292.900</b>	<b>795.045.000</b>

Í töflunni hér að framan eru notaðir sömu stuðlar fyrir árlega losun og settir eru fram í kafla 9.7.

Matið hér að framan á kostnaði vegna landgræðslu byggir á tölum frá Landgræðslu ríkisins, sem einnig var byggt á við gerð skýrslu Hagfræðistofnunar HÍ (HHÍ) í febrúar 2017.<sup>38</sup> Samkvæmt þeim kostar hver hektari í landgræðslu að meðaltali um 167 þúsund kr. Inni í þeirri tölu eru allir liðir sem tengjast efniskostnaði, svo sem innkaup og dreifing á fræi og áburði, svo og kostnaður vegna eftirfylgni og umsýslu, allt miðað við tiltekna blöndu tegunda og aðferða. Kostnaður vegna girðinga er hins vegar ekki meðtalinn, en gera má ráð fyrir að hver km í girðingu kosti um 1 millj. kr. Þörf fyrir girðingar er mjög breytileg eftir staðháttum og ræðst m.a. af þeim girðingum sem fyrir eru, aðliggjandi girðingum vegna vegagerðar þar sem um slíkt er að ræða, því hvort girt er á landamörkum o.s.frv. Auk þess ræðst lengd girðingar ekki aðeins af flatarmáli viðkomandi spildu, heldur einnig af lögun hennar.

Mat á kostnaði vegna skógræktar er byggt á tölum frá Skógræktinni, þeim sömu og byggt er á í skýrslu HHÍ.<sup>39</sup> Samkvæmt þeim kostar hver hektari í skógrækt um 355 þúsund kr. Inni í þeirri tölu er allur beinn kostnaður, þ.e. kaup á plöntum, gróðursetning, áburður og áburðargjöf, jarðvinnsla og umsýsla. Kostnaður vegna girðinga er hins vegar ekki meðtalinn, (sjá umfjöllun hér að framan).

Mat á kostnaði við endurheimt votlendis er byggt á tölum úr áðgerðaáætlun umhverfis- og auðlindaráðuneytisins um endurheimt votlendis frá mars 2016. Þar er gert ráð fyrir að „*beinn framkvæmdakostnaður við að fylla í framræsluskurði geti verið um 500 kr/lengdarmetra*“ og að hver km af skurðum ræsi fram um 25 ha votlendis að jafnaði.<sup>40</sup> Samkvæmt því þarf um 40 m af skurðum til að ræsa fram einn hektara af votlendi og er kostnaður á hvern hektara því

<sup>38</sup> Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2017, (bls. 136).

<sup>39</sup> Hagfræðistofnun Háskóla Íslands, 2017, (bls. 138).

<sup>40</sup> Samráðshópur, 2016, (bls. 6-8).



um 20 þúsund kr. Þessar tölur fela ekki í sér kostnað vegna umsýslu, undirbúnings eða eftirfylgni. Sé reiknað með 25% álagi vegna þessara kostnaðarliða verður heildarkostnaðurinn 25 þúsund kr/ha.

Tölurnar hér að framan miðast allar við að kostnaðurinn sé settur á eitt ár. Miðað við það dæmi sem sett er fram í töflunni og miðað við að heildarlosun sauðfjárræktarinnar sé 291,4 þúsund tonn á ári, ætti samkvæmt þessu að vera hægt að kolefnisjafna greinina með u.þ.b. 800 milljón króna eingreiðslu.

Rétt er að undirstrika að nálgunin hér að framan felur í sér ýmsar einfaldanir. Þarna er í raun gert ráð fyrir að loftslagslegur ávinningur aðgerðanna skili sér strax á fyrsta ári og haldist stöðugur eftir það, þannig að kolefnisbindingin verði 2,1 tonn/ha/ári á landgræðslusvæðunum og 6,2 tonn/ha/ári í skóginum. Í reynd eiga þær aðgerðir sem snúa að landgræðslu og skógrækt það sameiginlegt að fullur árangur næst ekki fyrr en eftir nokkur misseri. Á móti kemur að þegar fram í sækir má búast við meiri árlegum árangri en hér er gengið út frá. Tölurnar eru með öðrum orðum meðaltöl yfir lengri tíma, þ.e. allan endingartíma aðgerðarinnar.

Landgræðsla og skógrækt hafa tiltekinn endingartíma hvað bindingu kolefnis varðar, þ.e. þangað til jarðvegur og gróður á svæðinu hefur bundið allt það kolefni sem hægt er að geyma á viðkomandi spildu. Í skýrslu HHÍ er gert ráð fyrir að binding í landgræðslu eigi sér stað í 60 ár. Þar kemur hins vegar ekki skýrt fram hvaða bindingartíma sé reiknað með í skógrækt. Til að viðhalda árlegum árangri þyrfti að græða upp samsvarandi landspildu og planta jafnmörgum trjám á nýjan leik þegar þegar fullum vexti er náð.

Endurheimt votlendis kemur í veg fyrir losun 19,5 tonna/ha/ári miðað við þær forsendur sem hér er gengið út frá. Búast má við varanlegum árangri þessarar aðgerðar eftir um tvö ár.

Við val á landi til landgræðslu er eðlilegt að fyrst sé horft til lands sem er að tapa kolefni, þ.e.a.s. lands þar sem enn á sér stað eyðing jarðvegs eða gróðurs. Landgræðsluaðgerðir á slíkum svæðum myndu skila mestum árangri, þar sem þar fara saman kolefnisbinding og stöðvun losunar. Enn vantar þó upplýsingar til að unnt sé að reikna þann árangur inn í dæmi eins og það sem hér er sett fram.



## 10 Lokaorð

Í því verkefni sem hér um ræðir hefur verið lagt mat á kolefnisspor sauðfjárræktarinnar á Íslandi. Þetta spor hefur farið minnkandi á allra síðustu áratugum, bæði vegna fækkunar sauðfjár og bættra framleiðsluhátta sem stuðlað hafa að auknum afurðum eftir hverja vetrarfóðraða kind. Nú standa því færri vetrarfóðraðar kindur á bak við hvert kg af dilkakjöti en fyrir t.d. 25 árum.

Útreikningar á kolefnisspori geta aldrei orðið 100% réttir eða óvæfengjanlegir, enda skortir enn töluvert á vísindalega þekkingu á veigamiklum þáttum í kolefnisbúskapnum. Þetta á sérstaklega við um losun frá landi, ekki síst beitarlandi. Sömuleiðis skortir þekkingu á árangri af mótvægisáðgerðum til að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og til að auka bindingu kolefnis í jarðvegi og gróðri. Hvað sem þessu líður er ljóst að tafarlaust þarf að grípa til róttækra áðgerða til að sporna gegn loftslagsbreytingum, hvort sem horft er til hagsmuna sauðfjárræktarinnar, þjóðarbúsins eða mannkynsins alls. Til að geta hafist handa við þetta brýna viðfangsefni þarf að byggja áðgerðir á bestu fánlegu þekkingu á hverjum tíma og endurreikna og uppfæra síðan þær áætlanir sem unnið er eftir, eftir því sem þekkingunni vindur fram.

Til að hægt verði að ná sem mestum og skjótustum árangri í loftslagsmálum er afar brýnt að safna upplýsingum og skrá þær – og þar geta allir lagt nokkuð af mörkum. Það er með öðrum orðum ekki alltaf hlutverk „einhverra annarra“ að bæta við þekkinguna. Því hraðar sem þekkingin byggist upp, þeim mun hraðar mun ganga að bæta aðferðafræðina og þeim mun fyrr verður hægt að byggja áætlunargerð og mat á árangri á traustum forsendum.

Mikið magn gróðurhúsalofttegunda streymir út í andrúmsloftið frá illa förnu landi og enn er sauðfé sums staðar beitt á slíkt land. Þótt óvissa ríki um stærðargráðu losunarinnar er augljóst að brýnt er að hætta þessari beit til að koma í veg fyrir frekari landeyðingu og hefta losun gróðurhúsalofttegunda. Ákvarðanir um fækkun sauðfjár til að draga úr framleiðslu lambakjöts ættu að beinast að því landi sem síst þolir beit.

Tilteknar breytingar á landnotkun geta skilað gríðarmiklum árangri í að draga úr nettólosun gróðurhúsalofttegunda. Þetta á sérstaklega við um endurheimt votlendis, en samkvæmt varfærnu mati getur hún dregið úr losun sem nemur um 19,5 tonnum CO<sub>2</sub>-ígilda á hektara á ári. Brýnt er að hefjast þegar handa við þetta aðkallandi verkefni, sem sannarlega er til þess fallið að sporna gegn auknum styrk gróðurhúsalofttegunda í lofthjúpnunum, hvað sem opinberu losunarbókhaldi líður. Mikilvægt er að íslensk stjórnvöld styðji við áðgerðir af þessu tagi, þrátt fyrir þá óvissu sem nú er til staðar um að hvaða marki landnotkunaráðgerðir muni nýtast til að uppfylla alþjóðlegar skuldbindingar Íslands.

Hvernig sem á allt er litið er ljóst að markvissar áðgerðir sauðfjárnænda til kolefnisjöfnunar greinarinnar með því að binda kolefni og draga úr losun gróðurhúsalofttegunda geta skilað miklum árangri, bæði fyrir lofthjúp jarðar og þær kynslóðir sem byggja jörðina, nú og til framtíðar. Þessi viðleitni mun stuðla að því að þjóðir heims nái sameiginlegum heimsmarkmiðum sínum 2030 og er til þess fallin að bæta ímynd greinarinnar og auðvelda sölu afurða til langs tíma litið.

## 11 Heimildaskrá

1. Artur Runge-Metzger (2017): *Implementing Paris. Delivering the EU's "at least 40%" by 2030.* Glærukynning, Bonn 12. maí 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=jRmIJEh1UXI>.
2. Cefic og ECTA (2011). *Guidelines for Measuring and Managing CO<sub>2</sub> Emission from Freight Transport Operations.* <http://www.cefic.org/Industry-support/Responsible-Care-tools-SMEs/5-Environment/Guidelines-for-managing-CO2-emissions-from-transport-operations>.
3. Climate Policy Info Hub (á.á.): *Agriculture and Climate Change in the EU: An Overview.* <http://climatepolicyinfohub.eu/agriculture-and-climate-change-eu-overview>
4. Datamarket (2016): *Búfjártölur.* <https://datamarket.com/is/data/set/1i1j/#!ds=1i1j!1j2e=8e:1j2f=17.1p.1q.1r&display=line&title=Samt%C3%B6lur+b%C3%BAfj%C3%A1r>.
5. Environmental Working Group (2011): *Meat Eater's Guide to Climate Change + Health.* [http://static.ewg.org/reports/2011/meateaters/pdf/methodology\\_ewg\\_meat\\_eaters\\_guide\\_to\\_health\\_and\\_climate\\_2011.pdf](http://static.ewg.org/reports/2011/meateaters/pdf/methodology_ewg_meat_eaters_guide_to_health_and_climate_2011.pdf).
6. Festa og Reykjavíkurborg (2016): *Loftslagsmarkmið fyrirtækja. Tillögur að sniðmáti til að mæla og setja markmið.* Glærukynning vinnuhóps Festu 24. febrúar 2016. <https://www.slideshare.net/festacs/loftslagsmarkmi-festa-og-reykjavikurborg-vimi>.
7. Hagfræðistofnun Háskóla Íslands (2017): *Skýrsla nr. C17:01. Ísland og loftslagsmál, febrúar 2017.* [https://www.stjornarradid.is/media/umhverfisraduneyti-media/media/pdf\\_skrar/island\\_og\\_loftslagsmal\\_hhi\\_feb\\_2017.pdf](https://www.stjornarradid.is/media/umhverfisraduneyti-media/media/pdf_skrar/island_og_loftslagsmal_hhi_feb_2017.pdf).
8. Hagstofa Íslands (2017): *Búfé og uppskera.* <https://hagstofa.is/talnaefni/atvinnuvegir/landbunadur/bufe-og-uppskera>.
9. Heinz Schulz (1996): *Biogas – Praxis: Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele.* Staufen bei Freiburg.
10. Hrafnhildur Bragadóttir og Birna S. Hallsdóttir (2016): *Upprunaábyrgðir í íslensku samhengi.* Skýrsla unnin fyrir atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytið, Reykjavík. Bls. 43. <https://www.stjornarradid.is/media/atvinnuvegaraduneyti-media/media/2015/161018-Upprunaabyrgdir-iislensku-samhengi.pdf>.
11. IPCC (2006): *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
12. Jón Guðmundsson (2016): *Greining á losun gróðurhúsalofttegunda frá íslenskum landbúnaði.* Landbúnaðarháskóli Íslands, október 2016. [https://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF\\_skrar/Greining-a-losun-grodurhusa-vegna-landbunadar\\_161012JG\\_okt.pdf](https://www.umhverfisraduneyti.is/media/PDF_skrar/Greining-a-losun-grodurhusa-vegna-landbunadar_161012JG_okt.pdf).
13. Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna (2016)(a): *Report on the individual review of the report upon expiration of the additional period for fulfilling commitments (true-up period) for the first commitment period of the Kyoto Protocol of Iceland.* <http://unfccc.int/resource/docs/2016/tpr/isl.pdf>.
14. Loftslagssamningur Sameinuðu þjóðanna (2016)(b): *Submission by Iceland to the ADP. Iceland's Intended Nationally Determined Contribution.* (Landsákvæðið framlag Íslands gagnvart Parísarsamningnum), sent skrifstofu loftslagssamningsins 21. september 2016. <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Iceland%20First/INDC-ICELAND.pdf>.
15. Orkustofnun (á.á.): *Uppruni raforku. Stöðluð yfirlýsing fyrir árið 2015.* <http://os.is/media/upprunaabyrgdir/Sto%CC%88dlud-yfirlýsing-fyrir-2015.pdf>.

16. Robert D. Kinley et.al (2015): *The red macroalgae Asparagopsis taxiformis is a potent natural antimethanogenic that reduces methane production during in vitro fermentation with rumen fluid*. Animal Production Science 56(3) 282-289. <http://www.publish.csiro.au/an/AN15576>.
17. Samráðshópur um endurheimt votlendis (2016): *Endurheimt votlendis. Aðgerðaáætlun. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið*, 7. mars 2016. [https://www.stjornarradid.is/media/umhverfisraduneyti-media/media/PDF\\_skrar/sk160307\\_endurheimt\\_votlendis.pdf](https://www.stjornarradid.is/media/umhverfisraduneyti-media/media/PDF_skrar/sk160307_endurheimt_votlendis.pdf).
18. UK Government (2016): *Greenhouse gas reporting - Conversion factors 2016*. <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2016>.
19. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið (2016): *Endurheimt votlendis – Aðgerðaáætlun*. [https://www.stjornarradid.is/media/umhverfisraduneytimedia/media/pdf\\_skrar/sk160307\\_endurheimt\\_votlendis.pdf](https://www.stjornarradid.is/media/umhverfisraduneytimedia/media/pdf_skrar/sk160307_endurheimt_votlendis.pdf).
20. Umhverfisstofnun (2017): *National Inventory Report. Emissions of Greenhouse Gases in Iceland from 1990 to 2015. Submitted in accordance to Monitoring Mechanism Regulation no. 525/2013 and the relevant articles and annexes in the implementing Regulation no. 749/2014 and the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol*. [https://ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Loftgaedi/NIR%20Iceland%202017%20submission\\_May%20resub.pdf](https://ust.is/library/Skrar/Einstaklingar/Loftgaedi/NIR%20Iceland%202017%20submission_May%20resub.pdf).

#### Ýmsar vefsíður:

- [https://ec.europa.eu/clima/policies/effort\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/effort_en).
- [https://ec.europa.eu/clima/policies/effort/proposal\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/effort/proposal_en).
- [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en).
- [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/revision\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/revision_en).
- [https://ec.europa.eu/clima/policies/forests/lulucf\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/forests/lulucf_en).
- <http://land.is/endurheimt-votlendis>.
- [http://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir\\_landbunadur\\_landframleidsla/LAN10201.px/](http://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Atvinnuvegir/Atvinnuvegir_landbunadur_landframleidsla/LAN10201.px/)
- [http://unfccc.int/paris\\_agreement/items/9444.php](http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php).