

Greining á losun gróðurhúsalofttegunda frá íslenskum landbúnaði



Höfundur myndar: Áskell Þórisson

Jón Guðmundsson
Landbúnaðarháskóla Íslands
Október 2016



Efnisyfirlit

Listi yfir myndir	3
Listi yfir töflur	3
Listi yfir jöfnur	4
Orðskýringar	5
Meginatriði	6
1 Inngangur	9
2 Losun innan býlis	12
2.1 Losun tengd búfé og búfjáraburði	12
2.1.1 Áhrif líftíma sláturdýra á heildarfjölda búfjár	12
2.1.2 Losun vegna innyflagerjunar	13
2.1.3 Losun vegna geymslu og meðhöndlunar á búfjáraburði.....	13
2.1.3.1 Mat á losun metans (CH ₄) úr búfjáraburð	14
2.1.3.2 Mat á N ₂ O losun	15
2.1.4 Nautgripir	17
2.1.5 Sauðfé.....	19
2.1.6 Hross	20
2.1.7 Svín	21
2.1.8 Alifuglar	22
2.1.9 Annað búfé	22
2.1.10 Samantekt vegna losunar frá búfé	23
2.2 Losun vegna ræktunar	24
2.2.1 Losun eða upptaka CO ₂ vegna breytinga á kolefnisforða steinefnajarðvegs.....	25
2.2.2 Losun CO ₂ frá framræstum jarðvegi.....	25
2.2.3 Bein og óbein losun N ₂ O frá ræktunarjarðvegi	26
2.2.4 Losun CH ₄ frá framræstu ræktarlandi	28
2.2.5 Losun vegna kölkunar ræktunarjarðvegs og notkunar þvagefna.....	29
2.2.6 Samantekt um losun frá ræktarlandi	30
2.3 Losun úr fóðri	32
2.4 Innviðir og tæki á býlinu	33
2.5 Heildarlosun á býli	34
3 Losun tengd landnýtingu utan býla	37
3.1 Losun og upptaka gróðurhúsalofttegunda tengd landnotkun og breytingum á landnotkun í skilum til UN_FCCC.....	37
3.1.1 Skógar.....	40
3.1.2 Mólendi	40
3.1.2.1 Almenn mólendi.....	41
3.1.2.2 Samantekt á losun úr almennu mólendi	45
3.1.2.3 Framræst votlendi	48
3.1.2.3.1 Breytileiki í losun frá framræstu landi.....	53
3.1.2.4 Landgræðsla	55
3.1.2.5 Vöxtur kjarrlendis	55
3.1.3 Votlendi	55
3.1.4 Annað land	56
3.1.5 Samantekt á losun sem tengist landnýtingu utan býlanna	56

3.2 Samantekt á losun sem tengist beitarlöndum.....	59
3.2.1 Losun vegna úrgangs beitarðýra í beitarlöndum	62
4 Losun tengd aðföngum og afurðum.....	64
5 Menntun og miðlun þekkingar um losun gróðurhúsalofttegunda í landbúnaði.....	66
Þakkir.....	68
Heimildaskrá.....	69

Listi yfir myndir

Mynd 1. Yfirlitsmynd fyrir helstu þætti landbúnaðar og mismunandi afmörkun.	10
Mynd 2. Yfirlitsmynd fyrir helstu þætti landbúnaðar og mismunandi afmörkun	11
Mynd 3. Samantekt á losun gróðurhúsalofttegunda vegna innnyflagerjunar búfjár og meðhöndlunar búfjáraburðar.	24
Mynd 4 Samantekt á losun í kt CO ₂ ígildum á ári frá ræktarlandi.	31
Mynd 5 Samantekt á losun og upptöku í kt CO ₂ ígildum á ári frá ræktarlandi.	32
Mynd 6. Vægi einstakra þátta í heildarlosun vegna eldsneytisnotkunar á býlum.	34
Mynd 7. Vægi einstakra losunar þátta í heildarlosun innan býlis.	35
Mynd 8. Samantekt á losun innan býla eins og hún lítur út án losunar frá tünnum á framræstu landi og bindingar í steinefna jarðvegi túna.	36
Mynd 9. Skipting losunar gróðurhúsalofttegunda á Íslandi eftir uppruna eins og hún birtist í skilum til UN-FCCC.....	38
Mynd 10. Sviðsmynd 1 af losun og upptöku CO ₂ í almenntu mólendi.	46
Mynd 11 Sviðsmynd 2 af losun og upptöku CO ₂ í almenntu mólendi.	47
Mynd 12. Samantekt á losun frá framræstum votlendum í mólendi miðað við innlenda stuðla.	52
Mynd 13. Samantekt á losun frá framræstum votlendum í mólendi miðað við stuðla IPCC.....	53
Mynd 14. Losun og upptaka gróðurhúsalofttegunda í landi utan býla, byggt á sviðsmynd 1 fyrir almennt mólendi.....	58
Mynd 15 Losun og upptöku gróðurhúsalofttegunda í landi utan býla, byggt á sviðsmynd 2 fyrir almennt mólendi.....	59
Mynd 16 Mat á losun tengdri beitarlöndum miðað við sviðsmynd 1 fyrir almennt mólendi.....	63
Mynd 17 Mat á losun tengdri beitarlöndum miðað við sviðsmynd 2 fyrir almennt mólendi.	64

Listi yfir töflur

Tafla 1. Meðallíftími sláturðýra, sem er notaður í útreikningum á gripafjölda (fjöldi árgripa).	13
Tafla 2. Hlutfall mögulegrar metanmyndunar (MCF, Jafna 4) úr kúamykju og kindaskít sem losnar í viðkomandi geymslum og hlutfallsleg skipting skíts milli geymslna.	15
Tafla 3. Mat á magni köfnunarefnis í búfjáraburði.	16
Tafla 4. Stuðlar til útreiknings á metanmyndun við innnyflagerjun nautgripa og mat á losun CH ₄	17
Tafla 5. Samanburður innlendra mælinga á gashæfi kúamykju og stuðlum IPCC.	18
Tafla 6. Stuðlar og niðurstöður útreikninga á hráefnum til metanmyndunar í kúamykju.	18
Tafla 7. Mat á losun vegna meðferðar og geymslu mykju frá mismunandi undirhópum.	18
Tafla 8. Stuðlar og niðurstöður útreikninga á metanmyndun við innnyflagerjun í sauðfé.....	19
Tafla 9. Stuðlar til útreiknings á hráefnum til metanmyndunar í kindaskít.....	19
Tafla 10. Samantekt á losun gróðurhúsalofttegunda vegna innnyflagerjunar í sauðfé og meðhöndlunar á kindaskít.	20
Tafla 11. Samantekt á losun frá hrossum eins og hún er í skilum til loftslagssamningsins.	20
Tafla 12. Losun vegna innnyflagerjunar svína og meðhöndlunar á svínaskít.	21

Tafla 13. Losun vegna innyflagerjunar í fiðurfé og meðhöndlunar á skít.	22
Tafla 14. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna innyflagerjunar loðdýra og geita og meðhöndlunar skíts frá þeim.	23
Tafla 15. Samantekt á losun tengdri búfé og meðhöndlun búfjáraburðar.	23
Tafla 16. Mat á losun frá framræsum jarðvegi túna og binding í steinefnajarðvegi.	26
Tafla 17. Yfirlit yfir beina og óbeina losun N ₂ O vegna ræktarlands.	27
Tafla 18. Metan losun úr framræstu ræktuðu landi annars vegar metin út frá stuðlum IPCC og hins vegar tiltækum innlendum mælingum.	28
Tafla 19. Losun vegna kölkunar á jarðvegi og notkunar iðnaðarframleiddra þvagefna.	30
Tafla 20: Samantekt á losun og upptöku ræktarlands.	30
Tafla 21. Áætluð eldsneytisnotkun á býlum.	33
Tafla 22 Samantekt á losun innan býlis. Taflan svarar til myndar 7.	36
Tafla 23. Flatarmál einstakra landnýtingarflokka eins og það er metið í skilum til UN-FCCC fyrir ári 2014.	39
Tafla 24. Undirflokkar mólendis eins og þeir eru í umfjöllun þessarar samantektar.	41
Tafla 25. Áætlun á kolefnistapi úr almennu mólendi miðað við að virkt rof sé í öllu rofni landi. Flatarmál innan almenns mólendis áætlað út frá rofkortlagningu áranna 1991-1996.	42
Tafla 26. Skipting almenns mólendis m.t.t. rofdíla, þekju þeirra og ástands samkvæmt yfirstandandi úttekt LbhÍ.	43
Tafla 27. Mat á kolefnistapi vegna rofdíla.	43
Tafla 28. Samantekið mat á mögulegri losun og upptöku kolefnis í almennu mólendi.	45
Tafla 29 Samantekt á tölum sem notaðar eru í sviðsmyndum 1 og 2.	47
Tafla 30. Samaburður viðmiðunargilda IPCC og innlendra mælinga á losun úr votlendum og óræktuðum framræstum votlendum.	49
Tafla 31. Mat á losun frá 350 kha af óræktuðu framræstu landi annars vegar byggt á losunarstuðlum IPCC og hins vegar tiltækum innlendum stuðlum.	50
Tafla 32. Mat á losun frá 15,8 kha af framræstu fyrrum ræktuðu landi, annars vegar byggt á losunarstuðlum IPCC og hins vegar tiltækum innlendum stuðlum.	51
Tafla 33. Mat á losun frá 0.3 kha af framræstu landi og vaxið birkikjarri, annars vegar byggt á losunarstuðlum IPCC og hins vegar tiltækum innlendum stuðlum.	51
Tafla 34 Samatekt á losun frá framræstu landi innan mólendis miðað við innlenda stuðla þar sem þeir eru tiltækir.	52
Tafla 35 Samatekt á losun frá framræstu landi innan mólendis miðað við IPCC stuðla.	53
Tafla 36. Dæmi um áhrif mismunandi % C, rúmþyngdar og jarðvegsþykktar á kolefnismagn á flatareiningu.	56
Tafla 37. Samantekt á losun og bindingu í landi utan býla eins og hún er sett fram í sviðsmyndum 1 og 2.	58
Tafla 38. Hlutfall úttektarpunkta, sem beit er skráð á, og mat á heildarflatarmáli beitarlanda.	59
Tafla 39. Mat á binding CO ₂ í birkiskógi innan beitarland miðað við mismunandi forsendur.	60
Tafla 40. Mat á losun gróðurhúsalofttegunda frá þeim hluta lands utan býla, sem nýttur er til beitar.	62

Listi yfir jöfnur

Jafna 1. Losun metans á hvern grip.	13
Jafna 2. Árslosun hvers undirflokks kt CH ₄ ár ⁻¹	13
Jafna 3. Hráefni til metanmyndunar í búfjáraburði (VS) [kg þe. dag ⁻¹].	14
Jafna 4. Árleg losun metans úr skít EF [kg CH ₄ haus ⁻¹ ár ⁻¹] fyrir viðkomandi búfjárhóp.	14
Jafna 5. Losun N ₂ O úr búfjáraburði.	16
Jafna 6. Mat á losun/upptöku CO ₂ við framræslu og aðra landnotkun [kt CO ₂].	25
Jafna 7. Mat á losun CH ₄ úr framræstu landi.	28

Orðskýringar

CH ₄	Metan
CO ₂	Koltvísýringur
CO ₂ ígildi	Það magn CO ₂ sem samsvarar hlýnunarmætti annarra gróðurhúsalofttegunda; 1 g CH ₄ svarar til 25 g CO ₂ , og 1 g N ₂ O svarar til 298 g CO ₂
EF	Losunarstuðull
GHL	Gróðurhúsalofttegundir
IPCC	(Inter Governmental Panel on Claimate Change) ráðgjafahópur loftslagssamningsins
kt	Kílótonn (1000 tonn)
N ₂	Köfnunarefni
N ₂ O	Hláturgas, Nitroxið
NH ₃	Ammoníum
NO ₃	Nítrít
UN-FCCC	Rammasamningur Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar (UN-Framework Convention on Climate Change)
VS	Metanmyndandi efnasambönd, volatile solids.

Meginatriði

Í Parísar samkomulaginu sem íslensk stjórnvöld hafa nú staðfest er lögð áhersla á metnaðarfulla markmiðssetningu einstakra ríkja í loftslagsmálum. Í þessari samantekt er bent á ýmsa þætti, sem valda í dag mikilli losun gróðurhúsalofttegunda. Einnig eru margir þættir sem mögulega gætu verið í þeim flokki, en nauðsynlegt er að skoða betur. Tækifæri til metnaðarfullra markmiða liggja því ekki hvað síst í landbúnaði og bættri landnýtingu.

Losun gróðurhúsalofttegunda inná býla má skipta upp í tvo meginþætti. Annars vegar er sú losun sem er úr túnum á framræstum jarðvegi og er hér metin á ígildi tæplega 1.800 kt CO₂. Hins vegar er svo losun sem verður vegna annara þátta innan býlanna. Samtals er sú losun metin sem ígildi 734 kt CO₂. Þar af vega þyngst losun metans vegna innyflagerjunar búfjár 294 kt CO₂ ígildi, og losun vegna áburðarnotkunar 260 kt CO₂ ígildi. Það sem eftir stendur er losun vegna geymslu og meðhöndlunar búfjáráburðar 92 kt CO₂ ígildi, og losun vegna eldsneytisnotkunar 88 kt CO₂ ígildi. Þessu á móti kemur örlítill þáttur þ.e. binding kolefnis í þann hluta túna sem eru á steinefnajarðvegi. Þessi binding er metin upp á 0,7 kt CO₂.

Ýmis tækifæri eru til að draga úr losuninná býlanna. Þar má t.d. nefna vinnslu metans úr búfjáráburði. Mögulega má vinna úr þeim búfjáráburði sem hér fellur til um 17 kt CH₄, Þessi metanvinnsla svarar til orkuinnihalds í 20 kt af díselolíu, en áætluð notkun á allar dráttarvéla í landbúnaði hér á landi er 12,8 kt af díselolíu. Metanvinnsla úr búfjáráburði getur einnig verið farvegur fyrir önnur lífræn úrgangsefni og bætt þannig næringarefnum inn á býlin, sem ella væru ekki nýtt. Með þessu mætti því bæði draga úr þörf á tilbúnum áburði og bæta hringrás mikilvægra næringarefna eins og t.d. fosfórs.

Með aðgerðum til að draga úr eldsneytisnotkun hefur það sýnt sig að hægt er að ná töluverðum ávinningi bæði fjárhagslegum og á formi minni losunar.

Draga má úr þeim þætti losunar, sem er úr framræstu landi innan túna t.d. með því að beina nýrækt fremur að öðrum jarðvegi og eins þegar tún á framræstum jarðvegi eru aflögð að huga að því hvort ekki sé unnt að væta aftur í þeim og minnka þar með losun frá þeim. Þessar aðgerðir gætu verið liður í því að innleiða meðhöndlun ræktarlands (e: Cropland management) sem hluta af aðgerðapakka Íslands innan loftslagssamningsins.

Nauðsynlegt er að styrkja mat á núverandi losun innan býlanna með því að efla innlendar rannsóknir og mælingar.

Mat á losun gróðurhúsalofttegunda úr landi, sem nýtt er til beitar, er hér annars vegar byggt á mati á losun og bindingu úr öllu landi utan býlanna, að undanskildum, ám og vötnum, uppistöðulónum og búsetulandi. Hins vegar er það svo byggt á mati á því hve stór hluti þessa lands er nýttur til beitar. Samkvæmt einni sviðsmynd sem hér er sett fram gæti losun frá landi utan býlanna svarað til ígilda 47.500 kt CO₂. Af þeirri losun eru um ígildi 18100 kt CO₂ áætluð innan beitarlanda. Í annarri sviðsmynd er heildarlosun úr landi utan býla metin ígildi 10.800 kt CO₂ og þar af um 6.000 kt CO₂ úr landi sem nýtt er til beitar. Þarna munar mjög miklu og brýnt að bæta mat á losun úr almennu mólendi, en óvissa í þeim þætti ræður mestu um þennan mun.

Af heildar losun lands utan býlanna eru ígildi 8.000 kt CO₂ metin vegna framræstra votlenda og af því eru 4.500 kt CO₂ ígildi metin innan beitarlanda. Þar sem endurheimt votlenda er orðið sérstakt átaksverkefni má gera ráð fyrir að þeim þætti verði sinnt. Eftir stendur samt umtalsverð losun sem mikilvægt er að reyna að draga úr.

Losun úr almennu mólendi eru hér metin, er annars vegar vegna beins taps á jarðvegi af þessum svæðum í gegnum margskonar rof á landinu. Hins vegar er losun vegna þess að gróður á landinu hefur rýrnað og nær ekki að halda í við niðurbrot á lífrænum efnum í jarðvegi. Þetta „umfram“ kolefni sem er að brotna niður hefur væntanlega safnast í jarðvegin þegar gróðurinn var öflugri. Með öðrum orðum kolefnis forði jarðvegsins er að minnka á ákveðnum hlutum þessa lands.

Í þessu ljósi þá er tvennt sem blasir við sem aðgerðir til að draga úr þessari losun. Í fyrsta lagi að hindra með öllum ráðum að jarðvegur tapist úr landinu. Í öðru lagi að styrkja gróður á þeim svæðum þar sem hann nær ekki að vega upp á móti þeirri losun sem er þar vegna niðurbrots lífrænna efna.

Mikilvægt er að landfræðilega verði betur greint á milli þeirra svæða, sem eru nýtt til beitar, og hinna sem eru það ekki. Þessi aðgreining er mikilvæg í mörgu tilliti. Í fyrsta lagi þá hefur það áhrif á mögulegar aðgerðir að vita hvort landið er beitt eða ekki. Í öðru lagi þá er þessi aðgreining mikilvæg vegna skuldbindinga gagnvart loftslagssamningnum og Kyotobókuninni. Aðgerðir innan beitarlanda falla í aðgerðapakka Kyotobókunarinnar sem nefnist „Meðferð beitarlanda (e: Grazing land management)“ á meðan aðgerðir utan beitarlanda teldust til landgræðslu eða endurheimtar votlendis. Í þriðja lagi skiptir þessi afmörkun máli gagnvart ábyrgð á landinu og þeirri losun sem því fylgir.

Mat á þeirri losun sem verður úr landi utan býla er háð verulegri óvissu. Losun sem verður úr landi er metin annars vegar út frá þeirri losun sem ætla má að sé á hverja flatareiningu að jafnaði og hvert heildarflatarmál þess lands er, sem þannig er statt um. Þörf er á að bæta báða þessa þætti til að fá betra mat á þá losun sem verður úr landi utan býlanna og telst með í landnýtingu landbúnaðar.

Landgræðsla er vel þekkt aðferð til að endurheimta gróður á lítt eða ógrónu landi. Það er einnig vel staðfest að með þeim hætti binst kolefni bæði í gróðri og jarðvegi. Landgræðsla er talin binda um 150 kt C á ári miðað við árið 2014. Þessi binding svarar til upptöku á 560 kt CO₂. Með því að beina landgræðslu í auknum mæli að því að stöðva rof í grónu landi og styrkja gróður þar sem hann nær ekki að viðhalda kolefnisforða jarðvegsins má mögulega draga stórlega úr núverndi losun úr almennu mólendi.

Skógrækt er einnig vel þekkt aðferð til að binda kolefni. Bindingin er mest í viði trjána en einnig í steinefnajarðvegi. Binding í skógum landsins er bæði vegna ræktaðra skóga og vaxtar náttúrulegra birkiskóga. Skógar á Íslandi voru árið 2014 taldir binda um 80 kt C, sem svarar til upptöku á 300 kt CO₂.

Skógrækt og landgræðsla fela yfirleitt í sér að viðkomandi land er ekki nýtt til beitar. Hluti birkiskóga er þó að einhverju leyti nýttur til beitar. Losun gróðurhúsalofttegunda úr landi utan býlanna er því úr landi, sem opið er fyrir beit þó svo að hluti þess sé ekki beittur í raun.

Með endurheimt votlendis er hægt að stöðva þá losun, sem er úr framræstu landi. Á móti kemur þó losun metans úr endurheimtum votlendum, en ávinningurinn gagnvart heildarlosuninni er mikill. Votlendi eru að einhverju leyti beitt í dag og endurheimt þarf ekki útiloka beit. Það virðist einnig sem nægt beitarland sé til staðar á landinu þó framræst votlendi væru undanskilin.

Það mat sem hér er sett fram á losun gróðurhúsalofttegunda í landbúnaði og tengdri landnýtingu er háð verulegri óvissu og því mjög mikilvægt að efla þekkingu á þeim ferlum sem eru í gangi. Einnig er mikilvægt að styrkja mat á umfangi þeirra landsvæða sem vega þungt í þessu mati. Það á t.d. við umfang framræstra svæða, svæði þar sem gróðri hefur hnignað verulega og nær ekki að viðhalda kolefnisforða landsins, svæði þar sem jarðvegur er að tapast og ekki síður svæði þar sem jarðvegur er að byggjast upp og eða kolefnisforði hans að aukast.

1 Inngangur

Landbúnaður er margslungin atvinnugrein þegar kemur að losun gróðurhúsalofttegunda. Eins og hjá öðrum atvinnugreinum þá er mikilvægt að greinin axli sína samfélaglegu ábyrgð með því að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda eins og framast er unnt. Í Parísar-samkomulaginu (UN 2016) er þessi ábyrgð opinberra og einkaaðila, á því að ná þeim markmiðum, sem þjóðir setja sér, undirstrikuð. Forsenda aðgerða er að hafa gott yfirlit yfir helstu losunarþætti sem greinin eða aðrir sem koma að þeim aðgerðum geta haft áhrif á.

Starfshópur á vegum Umhverfis- og auðlindaráðuneytisins óskaði eftir því við Landbúnaðarháskóla Íslands að greina losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði. Þar verði losunin flokkuð til einstakra búgreina eftir því sem unnt er, og tekin verði með sú losun, sem í skilum til UN-FCCC er talin fram undir öðrum þáttum en landbúnaði, svo sem landnýtingu og orkunotkun en gæti verið á færi landbúnaðar að grípa til aðgerða gagnvart. Ennfremur er óskað eftir því að í greiningunni verði lagt mat á gæði núverandi áætlana á losun eða upptöku og hvort mögulega séu einhverjir þættir sem ekki eru teknir með. Greiningin á að miðast við að vera grundvöllur aðgerða til að draga úr losun og eða bæta þau gögn sem notuð eru við að meta losun/upptöku.

Verkefninu var í upphafi settur ákveðin tíma- og fjárhagsrammi. Sá rammi gerir það að verkum að eftir standa ýmsir lausir endar. Auðveldlega má ganga frá mörgum þessara lausu enda með áframhaldandi vinnu. Það hvar numið var staðar markast fyrst og fremst af þekkingarsviði höfundar og tiltækum gögnum og þeim tíma, sem til ráðstöfunar var. Eftir því sem vinnunni við greininguna vatt fram varð ljósara að ýmsir þeir þættir í losun tengdri landnýtingu, sem hingað til hafa ekki verið metnir í skilum til loftslagssamningsins, geta skipt verulegu máli varðandi heildarmyndina. Hér er því reynt að fylla í þær eyður eftir því, sem tiltækar heimildir og tími gáfu tilefni til. Einnig er eftir föngum reynt að benda á þætti þar sem þörf er á frekari rannsóknum.

Losun gróðurhúsalofttegunda frá landbúnaði er hægt að setja fram með margvíslegum hætti. Í fyrsta lagi er sú leið, sem farin er í skilum til loftlagssamnings Sameinuðu þjóðanna (UN-FCCC), en þar er framsetningin byggð á þeim ferlum, sem leiða til myndunar eða upptöku gróðurhúsalofttegunda. Losun vegna hvers ferlis er svo skipt niður á yfirflokka. Þessir flokkar eru; orkunotkun, iðnaðarferli og efnanotkun, landbúnaður, landnotkun breytingar á landnotkun og skógrækt, og meðhöndlun úrgangs. Myndun á metangasi í meltingarfærum búfjár er metin sem sérstakur þáttur, sem alfarið er flokkað til landbúnaðar. Losun sem verður vegna niðurbrots lífrænna efna í jarðvegi er annar þáttur, en þar er losun á CO₂ og CH₄ fært undir landnýtingarflokkinn en losun á N₂O að mestu undir landbúnað. Brennsla jarðefnaeldsneytis er færð sem sérstakur flokkur. Sá hluti, sem er vegna landbúnaðar, er þó ekki færður undir landbúnað í skilum til loftslagssamningsins. Gagnvart loftlagssamningnum er síðan eingöngu talin til sú losun, sem á sér stað í viðkomandi landi.

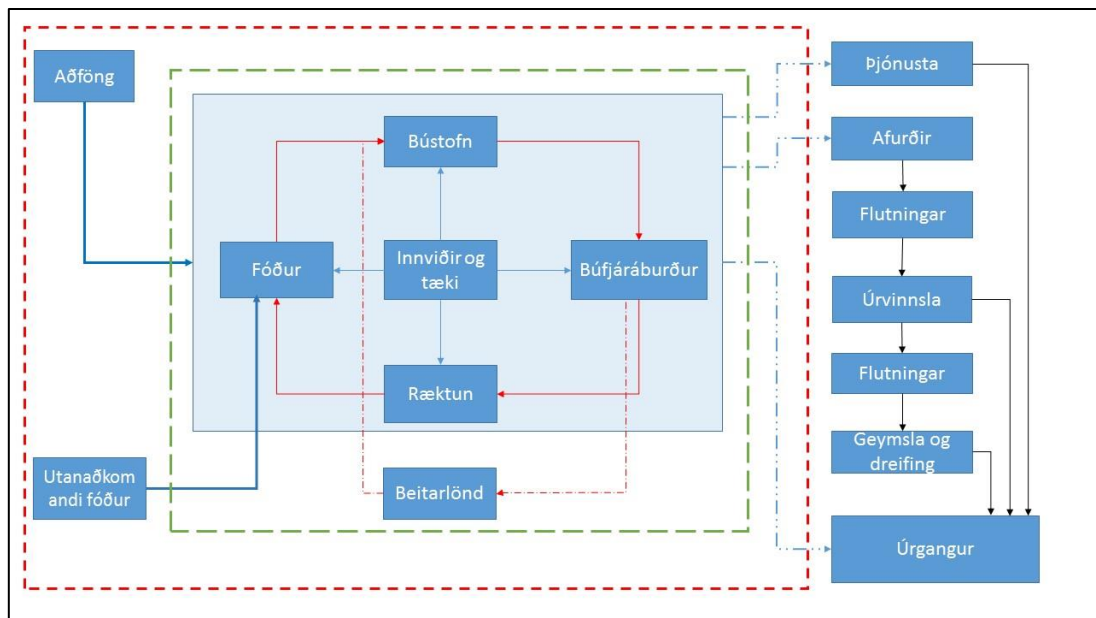
Lífsferilsgreining (LCA) er algeng framsetning á losun vegna einhverrar ákveðinnar starfsemi t.d. framleiðslu ákveðinnar vöru eða rekstur heillar atvinnugreinar. Þar er reynt að meta alla þá þætti sem viðkomandi starfsemi byggist á.

Sú framsetning sem hér er valin er meira í ætt við lífsferilsgreiningar en nálgun loftslagssamningsins. Til að reyna að átta sig á þeirri losun gróðurhúsalofttegunda, sem tengist landbúnaði hér á landi, er viðfangsefnið afmarkað eins og sýnt er á mynd 1. Þar er stillt upp helstu þáttum sem talið er að horfa þurfi til. Þessum þáttum er síðan raðað saman í stærri einingar. Í fyrsta lagi er það, sem fram fer innan býlanna afmarkað, sem sérstök eining. Býli afmarkast í þessari samantekt af ræktuðu landi, búsmala og þeim byggingum, sem tilheyra búrekstrinum. Óræktað beitarland er ekki flokkað innan býla.

Í öðru lagi eru býlin og sú landnýting, sem þeim fylgir afmörkuð sem eining. Þar undir er klárlega það land, sem nýtt er til beitar. Áhöld eru hins vegar um hvort það land, sem ekki er nýtt til beitar, eigi að tilheyra þessari einingu. Þetta á bæði við um land, sem formlega hefur verið tekið úr beitarnýtingu eins og afgirt og beitarfriðuð landgræðslu- og skógræktarsvæði, og land, sem ekki er í dag nýtt til beitar af öðrum orsökum. Einnig gæti þarna fallið undir önnur landnýting en beitarnýting, t.d. malartaka, uppistöðulón, jarðhitanýting o.fl. mynd 2 er tilraun til að draga þennan valkost fram.

Í þriðja lagi eru býlin, landnýting og þau aðföng, sem rekstur býlanna byggir á afmörkuð sem eining. Losun vegna aðfanga er skilgreind sem losun, sem á sér stað áður en viðkomandi aðföng eru komin á býlið. Þetta er t.d. losun vegna framleiðslu tilbúins áburðar.

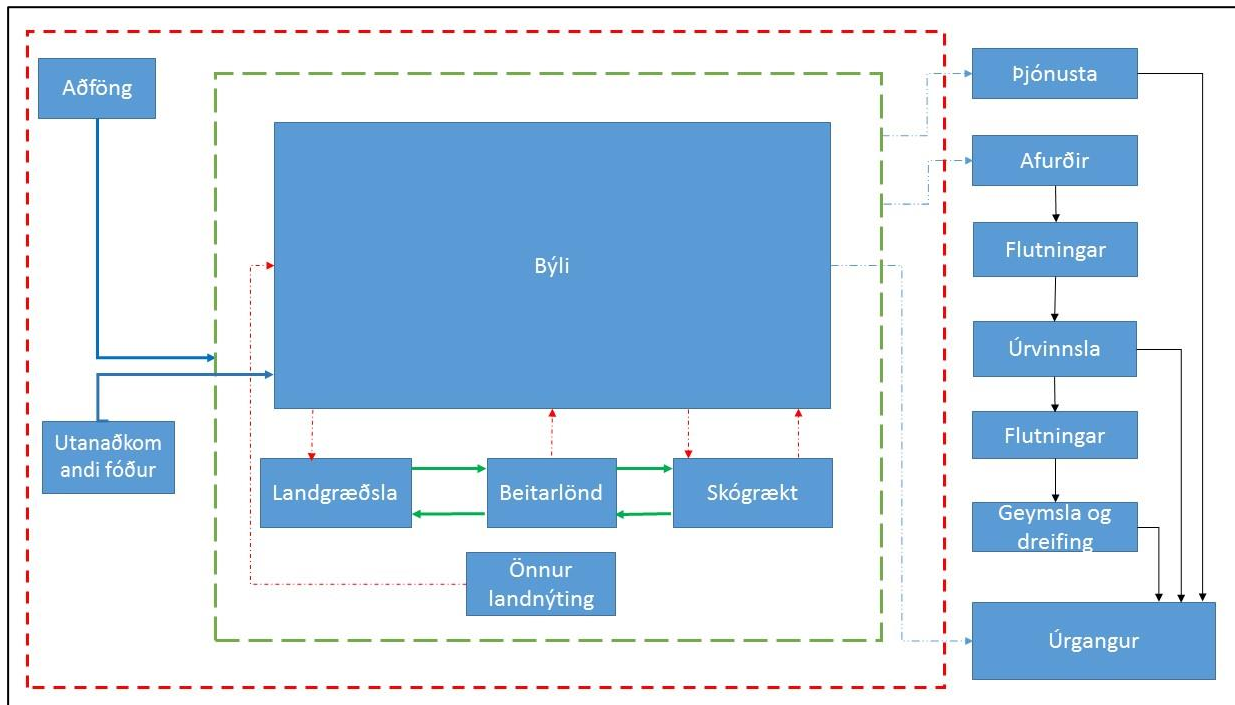
Í fjórða lagi er svo afmarkað sem eining, býlin, landnýtingin, aðföngin og sú losun, sem verður vegna afurða og úrgangs frá býlunum.



Mynd 1. Yfirlitsmynd fyrir helstu þætti landbúnaðar og mismunandi afmörkun: ———▶ flæði innan býlis, - - - -▶ flæði milli býlis og haga, —▶ flæði inn á býli, - - - -▶ flæði út af býli, —▶ flæði afurða utan býlis.

■ Innan býlis, - - - - býli og tilheyrandi landnýting, - - - - frá uppruna að hliði (cradel to farmgate).

Mat á losunarþáttum er, að svo miklu leyti sem unnt er, byggt á fyrirleggjandi gögnum og mati gagnvart skilum til loftslagssamningsins. Aðrir þættir voru metnir á grundvelli tiltækra heimilda óbirtra gagna og áliti sérfræðinga. Grundvallareiningin í mati á losun gróðurhúsalofttegunda er kt CO₂ ígildi, en þá eru aðrar lofttegundir, sem valda gróðurhúsaáhrifum umreiknaðar með tilliti til þeirra hlýnunar áhrifa sem þær hafa. Hvert kt CH₄ er þannig margfaldað með 25 og hvert kt N₂O með 298.



Mynd 2. Yfirlitsmynd fyrir helstu þætti landbúnaðar og mismunandi afmörkun: - - - - - flæði milli býlis og haga, - - - - - flæði inn á býli, ——— flæði út af býli, ——— milli landnýtingarflokka utan býlis, ——— flæði afurða utan býlis.

— Býli og tilheyrandi landnýting, - frá uppruna að hliði (cradel to farmgate).

Skýrslan er byggð upp með eftirfarandi hætti:

Í fyrsta kafla er fjallað um losun innan býlis. Í öðrum kafla er svo fjallað um losun vegna landnýtingar utan býlis. Í þriðja kafla er síðan fjallað lauslega um losun tengda aðföngum og afurðum býlanna. Að endingu er svo í fjórða kafla aðeins dregið á hvernig staðið er að menntun gagnvart þeim sem eru að mennta sig við LbhÍ til starfa í landbúnaði.

2 Losun innan býlis

Innan býlis eru flokkaðir eftirfarandi þættir; losun frá búfé og búfjáraburði, losun frá ræktarlandi, losun vegna innviða og orkunotkunar, og losun frá fóðri.

2.1 Losun tengd búfé og búfjáraburði

Tveir losunarþættir tengjast beint búfénu sjálfu, annars vegar sú losun, sem verður vegna gerjunar í innyflum dýranna, og hins vegar losun, sem verður úr búfjáraburði eða skítum, sem frá skepnunum kemur.

Innyflagerjun er loftfirrt niðurbrot fæðunnar sem er virkast hjá jórturdýrum en á sér einnig stað hjá öðrum dýrum sem nýta beðmi (sellulosa) sér til viðurværis svo sem hjá hrossum og svínum. Við innyflagerjun verður til metangas (CH_4) sem skepnurnar losa sig við með ropi og prumpi. Búfjáraburður eða skíturinn úr skepnunum inniheldur töluvert af lífrænum efnum, sem halda áfram að brotna niður eftir að hann gengur niður af skepnunni. Ef hann er geymdur við loftfirrtar aðstæður þá myndast metan (CH_4), eins og í meltingarfærunum. Í þvagi og skít er einnig talsvert af köfnunarefnissamböndum, sem örverur geta nýtt sem orkugjafa en við það myndast m.a. hláturgas (N_2O).

Hversu mikið losnar af þessum gastegundum er háð ýmsum þáttum eins og samsetningu fæðunnar og meltanleika hennar svo og eiginleikum viðkomandi dýrategundar og hversu mikið er eftir af nýtanlegri fæðu fyrir örverur í því sem niður af skepnunum gengur og við hvaða aðstæður skíturinn er geymdur.

Hér á eftir verður fyrst gerð grein fyrir því hvernig losun er metin annars vegar vegna innyflagerjunar og hins vegar vegna búfjáraburðar og meðhöndlunar hans. Í lokin er svo dregið saman hver losunin er fyrir einstakar búfjártegundir hér á landi og hvernig þeir stuðlar sem útreikningarnir eru byggðir á eru fengnir.

2.1.1 Áhrif líftíma sláturdýra á heildarfjölda búfjár

Mat á losun vegna innyflagerjunar og meðferð búfjáraburðar er byggt á losunarstuðlum annars vegar og hins vegar fjölda búfjár. Fjöldi búfjár er miðaður við árlegan meðalfjölda dýra, en þá er tekið tillit til líftíma dýranna þannig að dýr sem lifir aðeins hluta úr ári fær sambærilegt vægi í heildarfjölda. Sá líftími sláturdýra, sem miðað er við er dreginn saman í töflu 1.

Tafla 1. Meðallíftími sláturdýra, sem er notaður í útreikningum á gripafjölda (fjöldi ársgripa).

Sláturdýr	Meðallíftími [mánuðir]
Lömb	4,5
Grísir	4,5
Fölöld	5
Kið	5
Kjúklingar	1,1
Andarungar	1,7
Kalkúnar	2,6

2.1.2 Losun vegna innyflagerjunar

Metanmyndun við innyflagerjun er metin út frá heildarorkuinntöku (GE) og því hlutfalli orkuinntöku, sem verður að metani (Y_m)

Jafna 1. Losun metans á hvern grip: $EF =$ losun kg CH_4 á hvern grip á ári. $GE =$ heildar orkuinntaka á hvern grip á dag. $MJ/haus/dag$ $Y_m =$ hlutfall orkuinntöku sem verður að metani.

$$EF = \frac{GE * Y_m * 365 \text{ days/yr}}{55,65 \text{ MJ/kgCH}_4}$$

Orkuinntaka er breytileg á milli búfjártegunda og eins undirflokka þeirra. Þannig er orkuinntaka nautgripa ekki sú sama og sauðfjár og mjólkurkúr eru betur fóðraðar en geldneyti. Hlutfall orkuinntöku, sem ummyndast í metan er einnig breytilegt milli búfjártegunda. Losunarstuðul vegna innyflagerjunar er reiknaður út samkvæmt jöfnu 1.

Fyrir nautgripi og sauðfé eru til innlendar upplýsingar um heildarorkuinntöku og ummyndunarhlutfall metans, en fyrir aðrar (hross, svín, kanínur) er látið nægja að nota meðaltalstölur fyrir viðkomandi búfjártegund eins og þær eru gefnar upp af hálfu ráðgjafanefndar loftslagssamningsins (IPCC) eða að notaðir eru norskir stuðlar (alifuglar og loðdýr), en þar eru taldir vera svipaðir búfjárstofnar og búskaparhættir og á Íslandi.

Árleg losun metans á hvern undirhóp sem losunarstuðullinn er metin sérstaklega fyrir er síðan fengin með einföldu margfeldi losunarstuðuls og fjölda ársgripa (heildarfjölda) (Jafna 2).

Jafna 2. Árslosun hvers undirflokks kt CH_4 ár⁻¹, $EF_{(T)} =$ losunarstuðull viðkomandi gripaflokks [kg CH_4 grip⁻¹ ári⁻¹], $N_{(T)} =$ fjöldi ársgripa í viðkomandi undirflokki.

$$\text{Árslosun} = EF_{(T)} \cdot \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

2.1.3 Losun vegna geymslu og meðhöndlunar á búfjáraðurði

Við geymslu og meðhöndlun á búfjáraðurði losna bæði metan og hláturgas.

2.1.3.1 Mat á losun metans (CH₄) úr búfjáraburð

Sá hluti fódurs, sem gengur aftur af skepnum inniheldur enn töluvert af óniðurbrotnum lífrænum efnum. Örverur úr meltingarfærum halda áfram að vinna á þessum efnum eftir að þau ganga niður af skepnunni. Eins og í meltingarfærunum myndast metan í mykjunni /skítunum.

Útreikningar á metanlosun byggjast á mati tiltækra hráefna (volatile solids= VS) í skítunum til metanmyndunar í úrganginum. Tiltæk hráefni (VS) eru metin út frá fódurinntöku og meltanleika þess fódurs, að teknu tilliti til steinefna innihalds. Tiltæk hráefni (VS) eru reiknuð fyrir hvern grip, sem meðal dagleg losun. Af þessum hráefnum getur svo að hámarki myndast ákveðið magn (B_{oi}) af metani á hverja hráefniseiningu. Þetta hlutfall er breytilegt eftir samsetningu VS, sem er aftur háð fódrun og búfjárgerð. Það ræðst síðan af geymsluaðferð mykjunnar/skítsins hve mikið losnar af því metani, sem mögulega getur myndast.

Jafnan til útreikninga á hráefnum til metanmyndunar í búfjáraburði er eftirfarandi:

Jafna 3. Hráefni til metanmyndunar í búfjáraburði (VS) [kg þe. dag⁻¹], GE=heildar orkuinntaka MJ dag⁻¹, 18,45 MJ (kg þe)⁻¹ orkuinnihald í fæðu MJ (kg þe)⁻¹, DE= meltanleiki fódurs %, Aska = aska í búfjáraburði %.

$$VS = GE * \frac{1 \text{ kg þe}}{18,45 \text{ MJ}} * \left(1 - \frac{DE}{100}\right) * \left(1 - \frac{Aska}{100}\right)$$

Árlegt magn metans, sem myndast úr skít eftir hvern grip í viðkomandi undirflokk er reiknað samkvæmt jöfnu 4, en þar er tekið tillit til skiptingar í geymslur og mögulegs hámarks magns, sem getur myndast.

Jafna 4. Árleg losun metans úr skít EF [kg CH₄ haus⁻¹ ár⁻¹] fyrir viðkomandi búfjárhóp, VS = hráefni til metanmyndunar [kg þe haus⁻¹ dag⁻¹], B_{oi} =hámark metans sem getur myndast [m³ CH₄ kg_{VS}⁻¹], 0,67 kg CH₄ m⁻³CH₄, MCF= hlutfall mögulegs metans sem myndast í viðkomandi geymslum, MS= hlutfall skíts sem fer í viðkomandi geymslur.

$$EF_i = VS_i * 365 \frac{\text{dagar}}{\text{ár}} * B_{oi} * 0,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \sum (j) MCF_j * MS_{ij}$$

Í töflu 2 er dregið saman það hlutfall mögulegrar metanmyndunar, sem talið er myndast við mismunandi geymsluaðferðir og hlutfall skíts, sem safnað er í hverja gerð af geymslu.

Tafla 2. Hlutfall mögulegrar metanmyndunar (MCF, Jafna 4) úr kúamykju og kindaskít sem losnar í viðkomandi geymslum og hlutfallsleg skipting skíts milli geymslna. Byggt á (Helsing et al. 2014).

Búfjórflökkur	MCF	Hagi [%]	Þurrgeymsla [%]	Votgeymsla [%]
Nautgripir og sauðfé		1	2	17
	Skipting í geymslur (%)			
Mjólkurkúr		27		73
Holdakúr		92		8
Kvígur		33		67
Holdanaut		9		91
Kálfar		0		100
Fullorðnar ær		45	36	19
Annað fullorðið fé		45	36	19
Gemlingar		45	36	19
Lömb		100		
Geitur		45	55	
Hross		86	14	
Trippi		86	14	
Fölöld		100		
Gyltur				100
Grísir				100
Alifuglar og loðdýr			100	

Gerður er greinarmunur á þrenns konar geymslum/meðhöndlun þ.e. votgeymslur (liquid/slurry), þurrgeymslur (solid storage, <20% vatn) og haga (pasture /range/paddock). Skiptingin á milli geymslna/meðhöndlunar byggist annars vegar á innistöðutíma og hinsvegar á áætluðu hlutfalli geymslna af hvorri gerð.

2.1.3.2 Mat á N₂O losun

Grasbítar almennt taka til sín meira köfnunarefni úr fæðu en þeir þurfa á að halda til vaxtar og viðhalds. Hlutfall köfnunarefnis í skít og þvagi er því hærra en í fæðunni. Þetta köfnunarefni er á formi sameinda, sem eru orkuríkari en hreint köfnunarefni (N₂). Til eru örveruhópar sem geta nýtt sér orku þessara sameinda. Fyrst og fremst er um að ræða tvö ferli þ.e. annars vegar nítrun, sem er ummyndun NH₃ í NO₃, og hins vegar afnítrun, sem er ummyndun NO₃ í N₂. Í báðum þessum ferlum verður til hláturgas (N₂O), sem að hluta til tapast út úr ferlunum. Hve mikið losnar af N₂O úr mykjunni/skítunum er háð magni köfnunarefnis í skítunum og þeim aðstæðum, sem hann er geymdur við.

Tafla 3. Mat á magni köfnunarefnis í búfjáraburði. Þýðing á töflu 5.13 í NIR skýrslu 2016 (Hellsing et al. 2016).

Undirflokkar búfjár	N_{ex} (kg N/1000 kg lífþunga/dag)	Lífþungi (kg íslenskra gripa)	Árlegt magn N í skít (kg N/grip ári)
Mjólkurkýr	0.48	430	75.3 ¹
Holdakýr	0.33	500	60.2
Kvígur	0.33	370	44.5
Holdanaut	0.33	328	39.5
Ungneyti	0.33	126	15.2
Fullorðnar ær	0.85	65	20.2
Annað fullorðið fé	0.85	95	29.5
Gemlingar	0.85	36	11.1
Lömb	0.85	21	6.5
Gyltur	0.42	150	23.0
Grísir	0.51	41	7.6
Hross	0.26	375	35.6
Trippi	0.26	175	16.6
Fölöld	0.26	60	5.7
Geitur	1.28	44	20.3
Minkur	0.0	0	4.6
Refir	0.0	0	12.1
Kanínur	0.0	0	8.1
Hænur	0.96	4	1.4
Holdakjúklingar	1.10	4	1.6
Unghænur	0.55	3	0.6
Ungar	0.55	1	0.2
Endur/gæsir	0.83	4	1.2
Kalkúnar	0.74	5	1.4

Mat á magni köfnunarefnis í skítum er í flestum tilfellum metið út frá viðmiðunargildum fyrir hverja búfjártegund. Þau gildi eru sett fram sem N/1000 kg lífþyngd og eru þessi gildi löguð að meðalþyngd íslenskra búfjárstofna. Fyrir mjólkurkýr eru notuð innlend gildi byggð á mælingum og birtum gögnum (Ketilsdóttir and Sveinsson 2010)

Áætlað magn köfnunarefnis í skít þeirra búfjártegunda, sem hér eru er dregið saman í töflu 3.

Í votgeymslum er miðað við að 0,001 kg N₂O-N eða 0,001 *44/28 kg N₂O myndist úr hverju kg N í skítum en í þurrgeymslum og haga verði til að 0,001 kg N₂O-N eða 0,002 kg N₂O úr hverju kg N sem þangað fer. Þessi viðmiðunargildi eru frá ráðgjafahópi loftslagssamningsins (IPCC).

Losun hláturgass úr búfjáraburði er svo reiknað fyrir einstaka undirhópa búfjár og hverja meðhöndlun samkvæmt jöfnu 5.

Jafna 5. Losun N₂O úr búfjáraburði; N₂O-N = magn köfnunarefnis í N₂O sem losnar [kg N₂O-N] ár⁻¹, N_T = fjöldi gripa í viðkomandi undirflokki [árgripir], N_{ex} = Magn köfnunarefnis í skít [kg N árgrip⁻¹ ári⁻¹], MS = hlutfall skíts í viðkomandi meðhöndlun/geymslu, EF = losunarstuðull fyrir viðkomandi meðhöndlun [kg N₂O-N (kg N)⁻¹].

$$(N_2O - N) = N_T \cdot N_{ex} \cdot MS \cdot EF$$

Hér á eftir verður gerð stuttlega grein fyrir því hvernig þessir tveir losunarbættir skiptast á einstaka búfjárhópa.

2.1.4 Nautgripir

Við mat á losun vegna innyflagerjunar nautgripa er losunarstuðull (Jafna 1) metin sérstaklega fyrir þrjá undirflokkka nautgripa; mjólkandi kýr, aðra fullorðna nautgripa og ungeneyti. Í töflu 4 eru þeir stuðlar dregnir saman og sýnd sú losun sem metin er á grundvelli þeirra. Heildarorku upptaka nautgripa er byggð á útreikningum á orkuþörf til hinna ýmsu þátta í lífi gripanna, svo sem orku til grunnþátta líkamsstarfsemi, til hreyfinga, vaxtar, meðgöngu og mjólkurframleiðslu. Til grundvallar þessum útreikningum liggja fóðrunaráætlanir og mat sérfræðinga Landbúnaðarháskóla Íslands (LbhÍ) (Jóhannes Sveinbjörnsson tölvupóstur september 2016).

Tafla 4. Stuðlar til útreiknings á metanmyndun við innyflagerjun nautgripa og mat á losun CH₄.

Undirflokkur	Heildarorku inntaka [MJ/grip/dag]	Hlutfall orku sem ummyndast í metan [%]	Losun á hvern grip [kg CH ₄ /grip/ári]	Fjöldi gripa 2014	Losun CH ₄ 2014 [kt] (kt CO ₂ íg)
Mjólkandi kýr	239,38	6,0	94,16	26.160	2,46 (61,58)
Aðrir fullorðnir gripir	129,06	6,0	48,00	26.910	1,29 (32,29)
Ungneyti	44,93	6,0	18,71	21.370	0,40 (10,00)
				74450	4,15 (103,87)

Í skilum til loftslagssamningsins er gashæfi mykjunnar (B_{oi}) samkvæmt stuðlum IPCC. Gerðar hafa verið mælingar á gashæfi íslenskrar kúamykju (Ketilsdóttir 2010). Í töflu 5 eru niðurstöður þessara mælinga bornar saman við þá stuðla frá IPCC, sem eru notaðir. Í heild þá er gashæfi íslenskrar mykju áþekk og mat IPCC. Meðaltal mykju frá mjólkurkúm, ef kýr í geldstöðu eru flokkaðar þar með, er heldur lægra en stuðull IPCC. Ef eingöngu er miðað við mykju frá mjólkandi kúm er gashæfnin sú sama. Gashæfi mykju frá geldneytum hér virðist ívið meira en stuðlar IPCC segja til um. Möguleg gasmyndun úr mykju, sem tekin er beint úr haughúsum er meiri en þess skíts, sem tekinn er beint frá kúnum. Mykja úr haughúsum inniheldur ýmsan annan fjósúrgang eins og moð og hey, sem kann að vera skýring á meira gashæfi.

Tafla 5. Samanburður innlendra mælinga á gashæfi kúamykju (Ketilsdóttir 2010) og stuðlum IPCC (IPCC 2006).

Undirhópur nautgripa	B _{oi} IPCC [m ³ CH ₄ kg ⁻¹ VS]	B _{oi} isl [m ³ CH ₄ kg ⁻¹ VS]
Mjólkurkýr	0,24	
Aðrir fullorðnir nautgripir	0,17	
Kýr 1 mánuði eftir burð		0,252 ± 0,045
Kýr 6 mánuðum eftir burð		0,227 ± 0,021
Geldkýr		0,177 ± 0,006
Geldneyti		0,196 ± 0,013
Haughús		0,263 ± 0,029

Tafla 6 sýnir samantekt á þeim stuðlum sem notaðir eru til að reikna hráefni metanmyndunar í kúamykju svo og niðurstöður þeirra útreikninga.

Tafla 6. Stuðlar og niðurstöður útreikninga á hráefnum til metanmyndunar í kúamykju.

Undirflokkur	Heildarorku inntaka [MJ/grip/dag]	Meltanleiki fódurs [%]	Aska [%]	Hráefni til metanmyndunar (VS) [kg þe. grip ⁻¹ dag ⁻¹]
Mjólkandi kýr	239,38	68	7	3,86
Aðrir fullorðnir gripir	129,06	68	7	2,08
Ungneyti	44,93	68	7	0,72

Í töflu 7 er mat á losun bæði metans og hláturgass úr kúamykju dregið saman. Losun á hláturgasi úr mykju, sem fellur í beitarlönd er undanskilin í þessum tölum. Aðeins hluti þess metans (17 %) sem mögulegt er að ná úr mykjunni losnar við geymslu hennar. En miðað við forsendur útreikninga á hráefnum til metanmyndunar (VS) og gashæfi mykjunnar má áætla að hægt væri að vinna um 9 kt CH₄ úr þessari mykju eða um 13 miljón m³ CH₄. Þetta svarar til orkuinnihalds í um 10 kt af díselolíu.

Tafla 7. Mat á losun vegna meðferðar og geymslu mykju frá mismunandi undirhópum.

Búfjáraburður – meðferð og geymsla	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	Alls CO ₂ (kt CO ₂ ígildi)
1. Nautgripir	1,13	0,0047	29,57
Mjólkandi kýr	0,74	0,0028	19,41
Aðrir fullorðnir gripir	0,29	0,0014	7,75
Ungneyti	0,09	0,0005	2,41

Losun gróðurhúsalofttegunda er óhjákvæmilegur hluti af því að halda nautgripi. Ýmsir möguleikar kunna þó að vera á því að draga úr þeirri losun. Einhverjir möguleikar eru á að draga úr losun vegna innyflagerjunnar. Losunin er háð fódruninni eins og fram kemur hér að ofan, en huga þarf að því hvaða áhrif breytingar á fódrun hafa á framlegð gripanna. Sömuleiðis er einnig hægt að draga úr losun sem verður úr mykjunni, en þar er breytileiki eftir hvernig geymslur er um að ræða. Vinnsla metans úr mykju getur einnig verið fýsilegur kostur fyrir bændur. En mögulegt er nýta metan, sem orkugjafa og spara þannig eldsneytiskaup. Losun

minnkar því verulega ef vinnslan leiðir til minni notkunar á jarðefnaeldsneyti. Ef metanið er hinsvegar notað sem viðbótarorka eða í stað annarra orkugjafa en jarðefnaeldsneytis, þá verður loftslagslegur ávinningur verulega minni. Alltaf má gera ráð fyrir ákveðnum leka/tapi á metani í vinnsluferlinu, sem vegur á móti minnkun á þeirri losun sem er í dag. Eftir stendur þó alltaf einhver losun frá greininni og þau áhrif sem hún hefur á hlýnun andrúmsloftsins

2.1.5 Sauðfé

Losunarstuðlar fyrir metanmyndun við innnyflagerjun í sauðfé eru reiknaðir á sama hátt og fyrir nautgripi. Heildarorkuinntaka er einnig metin með sambærilegum hætti. Metanlosun við innnyflagerjun í sauðfé er metin sérstaklega fyrir fjóra undirhópa þ.e. vetrarfóðraðar ær, annað fullorðið fé, gemlinga og lömb.

Tafla 8. Stuðlar og niðurstöður útreikninga á metanmyndun við innnyflagerjun í sauðfé.

Undirflokkur	Heildarorku inntaka [MJ/grip/dag]	Hlutfall orku sem ummyndast í metan [%]	Losun á hvern grip [kg CH ₄ /grip/ári]	Fjöldi gripa (1000 gripir)	Losun CH ₄ [kt]
Vetrarfóðraðar ær	26,57	7,0	12,20	379.860	4,63
Annað fullorðið fé	28,02	7,0	12,86	11.750	0,15
Gemlingar	22,10	7,0	7,20	95.390	0,69
Lömb	9,61	5,0	3,15	272.470	0,86
				759.470	6,33

Útreikningar á hráefnum í kindaskít, sem geta nýst til metanmyndunar eru einnig byggðir á heildarorku inntöku dýranna, meltaleika fóðursins og steinefnainnihaldi eins og hjá nautgripum (Jafna 1). Helstu lykiltölur varðandi það mat eru dregnar sama í töflu 9.

Tafla 9. Stuðlar til útreiknings á hráefnum til metanmyndunar í kindaskít.

Búfénaður	Heildarorku inntaka [MJ grip ⁻¹ dag ⁻¹]	Meltanleiki fæðu [%]	Aska í úrgangi [%]	Hráefni til metanmyndunar (VS) [kg þe grip ⁻¹ dag ⁻¹]
Fullorðnar ær	26,57	64	7	0,48
Annað fullorðið fé	28,02	64	7	0,50
Gemlingar	22,10	64	7	0,40
Lömb	9,61	77	7	0,11

Mat á metanlosun úr skít er svo byggt á jöfnu 4 og heildarfjölda gripa í viðkomandi undirhópi. Hámarks magn (B_{oi}) sem getur myndast úr hverri einingu tiltækra hráefna er byggt á leiðbeiningum IPCC (IPCC 2006). Fyrir sauðfé er þetta 0,19 m³ CH₄ kg⁻¹ VS. Ekki hafa verið gerðar mælingar á metanhæfi kindaskíts hér á landi svo vitað sé og því engin samanburður gagnvart íslenskum aðstæðum mögulegur. EF miðað er við að 55% af öllum skít frá sauðfé öðru en lömbum endi í kjöllurum fjárhúsa og því aðgengilegur til metanvinnslu, mætti fá um 5,8 kt CH₄ eða um 8,7 miljónir rúmmetra úr þeim skít. Þetta svarar til orkuinnihalds í um 6,7 kt af díselolíu.

Mat á N₂O losun er byggt á áætluðu heildarmagni köfnunarefnis (N) í skítum og þeim aðstæðum sem hann er geymdur við. Tafla 10 sýnir samantekt á þeirri losun, sem er með beinum hætti tengd við sauðfé í skilunum til loftslagssamningsins. Sú losun sem verður á hláturgasi úr þeim skít sem lendir í haga er ekki inni í þessum tölum en kemur fram annars staðar.

Tafla 10. Samantekt á losun gróðurhúsalofttegunda vegna innyflagerjunar í sauðfé og meðhöndlunar á kindaskít.

Losunarpáttur	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	Sauðfé (Alls CO ₂ ígildi) kt
Innyflagerjun	6,33		158,25
Fullorðnar ær	4,63		115,75
Annað fullorðið fé	0,15		3,75
Gemlingar	0,69		17,25
Lömb	0,86		21,5
Meðferð og geymsla búfjáraburðar	0,48	0,10	41,80
Fullorðnar ær	0,08	0,01	4,98
Annað fullorðið fé	0,01	0,004	1,44
Gemlingar	0,37	0,09	36,07
Lömb	0,01	0	0,25
Samtals	6,81	0,10	200,05

2.1.6 Hross

Hross eru ekki jörturdýr en nýta sér samt einnig överur til að vinna á beðmi (cellulosa) í fæðunni. Innyflagerjun hrossa fer fram í ristli eftir að önnur næringarefni en beðmi hafa verið brotin niður og tekin upp. Losunarstuðull vegna innyflagerjunar hjá hrossum er ekki reiknaður sérstaklega út frá innlendum gögnum. Mat á losuninni er byggt á stuðlum IPCC (IPCC 2006) en þar er gert ráð fyrir að losun metans vegna innyflagerjunar sé 18,00 kg CH₄ grip⁻¹ ár⁻¹. Þá er miðað við hross sem eru 550 kg á fæti. Meðallíffungi íslenskra hrossa er hins vegar metinn 375 kg gagnvart áætlun á heildarmagni N í skít. Líffungi trippa og folalda er þar metinn 175 kg og 60 kg, í sömu röð. Sama gildir gagnvart mati á metanlosun úr hrossataði að þar er matið byggt á stuðli IPCC fyrir losun á ári. Þar er miðað við að metan losun sé 1,09 [kg CH₄ grip⁻¹ ári⁻¹] og er því ekki tekið mið af aðstæðum hér né heldur fóðrunar innistöðu eða eiginleika dýranna. Það gæti því verið ástæða til að endurskoða stuðla fyrir metan myndum hjá hrossum og í hrossataði.

Mat á losun hláturgass (N₂O) úr hrossataði tekur hins vegar tillit til íslenskra aðstæðna því mat á heildarmagni N í skítum er metið út frá þyngd dýranna og sömuleiðis er tekið tillit til mismunandi meðhöndlunar. Alls voru skráð í landinu 66.480 hross 2014. Losun vegna innyflagerjunar og meðhöndlunar á hrossataði er tekin saman í töflu 11.

Tafla 11. Samantekt á losun frá hrossum eins og hún er í skilum til loftslagssamningsins.

Losunarpáttur	CH ₄ (kt)	N ₂ O (kt)	Hross (Alls CO ₂ ígildi) kt
---------------	----------------------	-----------------------	----------------------------------------

Innyflagerjun	1,2		29,98
Meðhöndlun búfjáraburðar	0,07	0,01	4,73
Samtals	1,27	0,01	34,71

Sama gildir um hrossaskít og annan búfjáraburð að mögulegt er að vinna úr honum metan. Alls er talið að vinna megi um 830 t CH₄ úr hrossaskít hér á landi (Sundberg et al. 2010). Það svarar til orkuinnihalds í 960 t af díselolíu.

2.1.7 Svín

Svín eru einmaga dýr og fer metanmyndun hjá þeim aðallega fram í ristli en lítið magn einnig í botnlanga. Svínarækt hér á landi er að flestu leyti eins og hefðbundinn svínabúskapur annars staðar á Norðurlöndum. Íslensk svín eru heldur ekki að neinu leyti frábrugðin þeim stofnum sem þar eru. Fóðrun dýranna er einnig mjög áþekkt og þar. Á þessum forsendum er mat á losun vegna innyflagerjunar byggt á sömu stuðlum og notaðir eru í Noregi.

Svínnum er skipt upp í tvo hópa m.t.t. mats á innyflagerjun, annars vegar eru gyltur og hins vegar sláturgrísir. Fjöldi grísa er umreiknaður yfir í ársgrísi en hver grís lifir að jafnaði í fjóra og hálfan mánuð áður en honum er slátrað.

Innyflagerjun fyrir svín e reiknuð samkvæmt jöfnu 2. Losunar stuðullinn EF_(T) er sem notaður er 1.5 [kg CH₄ grip⁻¹ ári⁻¹].

Í töflu 12 er losun dregin saman vegna innyflagerjunar svína og meðhöndlunar á svínaskít eins og þessir þættir eru metnir í skilum til loftslagssamningsins.

Tafla 12. Losun vegna innyflagerjunar svína og meðhöndlunar á svínaskít.

Losunarþáttur	Gripafjöldi	CH ₄ [kt]	N ₂ O (kt)	Svín (Alls CO ₂ ígildi) kt
Innyflagerjun		0,054		1,35
Giltur	3.000	0,0044		0,11
Grísir	33.210	0,0497		1,24
Meðhöndlun búfjáraburðar		0,22	0,0005	5,58
Samtals	36,210	0,274	0,0005	6,93

Ekki kemur fram í þessum skilum, hvort gerður er greinamunur á gyltum og grísum hvað varðar heildarmetanlosun á ári á árgrip. Gyltur eru þó umtalsvert stærri gripir og geta gerjað mun meira magn trefja daglega þrátt fyrir að framleiða jafnmikið metan pr g gerjaðra trefja og eldisgrísir. Losun CH₄ frá spenagrísnum er lítil, um 0,13 L/dag eða 0,1% af heildarorku í fóðri (GE). Eldisgrísir á lágtrefja- eða stöðluðu fóðri má gera ráð fyrir að losi 0,2-0,5% af GE, eða 3,4 L/dag. Ef grísir fá hærra trefjainnihald gæti metanlosun samsvarað allt að 1% af GE. Geldgyltur og gyltur á meðgöngu sem fá viðhaldsfóður losa um 0,6-2,7% af GE, allt eftir trefjainnihaldi og fóðurmagni. Mjólkandi gyltur eru sagðar losa 0,6%. (Jørgensen et al. 2011).

Mat á losun metans frá svínum hér á landi er ekki byggt á innlendu mati á heildarorkuinntöku (GE), ummyndun fódurs í metan (Y_m), meltanleika fódurs (DE), eða metanhæfi svínaskíts, heldur er byggt á viðmiðunargildum ráðgjafanefndar loftslagssamningsins. Svínarækt hér er rekin með svipuðu sniði og bústofnar svipaðir og í nágrannalöndunum, en þó ber að hafa í huga að hér er fódur að langmestu leyti innflutt. Það gæti þó verið ástæða til að yfirfara útreikninga á losunarstuðli fyrir metan miðað við íslenskar aðstæður (Charlotta Oddsdóttir LbhÍ munnleg heimild september 2016).

Möguleikar á að minnka losun frá svínaræktun geta t.d. falist í því að vinna metangas úr svínaskítum. Sá möguleiki hefur verið metinn sem svo að mögulega mætti vinna um 470 tonn CH_4 árlega úr svínaskít (Sundberg et al. 2010). Þetta magn svarar til orkuinnihalds í 540 t af díselolíu.

Annar möguleiki sem e.t.v. væri þess virði að kanna er hvort nýta megi ýmsan lífrænan úrgang sem svínafóður. Meðal þess, sem mætti skoða eru; útrunnin matvæli, úrgangur úr matvælavinnslu, lífrænt heimilissorp o.fl. Með þessu mætti e.t.v. draga úr þeirri losun sem annars verður vegna þeirra liða.

2.1.8 Alifuglar

Á Íslandi er alifuglarækt einkum stunduð til framleiðslu á kjúklingakjöti, hæneeggjum og kalkúnakjöti. Einnig eru í greininni stofnfuglar, sem tryggja nýliðun á búunum. Alifuglar hér eru því aðallega kjúklingar, varphænur og stofnhænsn (foreldrafuglar fyrir kjúklinga og varphænur). Auk þess er eldi á kalkúnum, öndum, gæsnum og kornhænum og e.t.v. fleiri tegundum en þó í litlum mæli. Í skilum til loftslagssamningsins er allt fiðurfé talið fram í einu lagi án sundurliðunar. Heildarfjöldi fiðurfénaðar árið 2014 var talinn 828.990 ársgrípír.

Innyflagerjun í alifuglum fer fram í botnlöngunum þar sem finnast metanmyndandi örverur. Metanmyndunarstuðullinn hækkar með aukinni líkamsþyngd. Hins vegar verður að hafa í huga að holdakjúklingar stækka og þyngjast mun hraðar en flestir aðrir fuglar og hafa einnig skemmri lífsferil, og þess vegna er metanmyndun frá slíkum kjúklingum talsvert lægri en frá öðrum alifuglategundum. Losunarstuðull fyrir alifugla er í skilum til loftslagssamningsins $0.02 \text{ [kg } CH_4 \text{ grip}^{-1} \text{ ár}^{-1}]$.

Tafla 13. Losun vegna innyflagerjunar í fiðurfé og meðhöndlunar á skít.

Losunarpáttur	Gripafjöldi	CH_4 [kt]	N_2O (kt)	Alifuglar [kt CO_2 íg.]
Innyflagerjun		0,017		
Meðhöndlun búfjáraburðar		0,065	0,016	
Samtals	828.900	0,082	0,016	6,818

2.1.9 Annað búfé

Annað búfé en að framan er talið er hér tekið saman í einu lagi. Annars vegar eru hér loðdýr og hinsvegar geitur. Hvorugt eru umfangsmiklar búgreinar sem stendur, en samt ákveðin losun

frá þeim tíunduð. Losunarstuðlar fyrir innyflagerjun loðdýra og geita eru 0.10 og 4,59 [kg CH₄ grip⁻¹ ár⁻¹]. Losun vegna þessara dýra er dregin saman í töflu 14.

Tafla 14. Losun gróðurhúsalofttegunda vegna innyflagerjunar loðdýra og geita og meðhöndlunar skíts frá þeim.

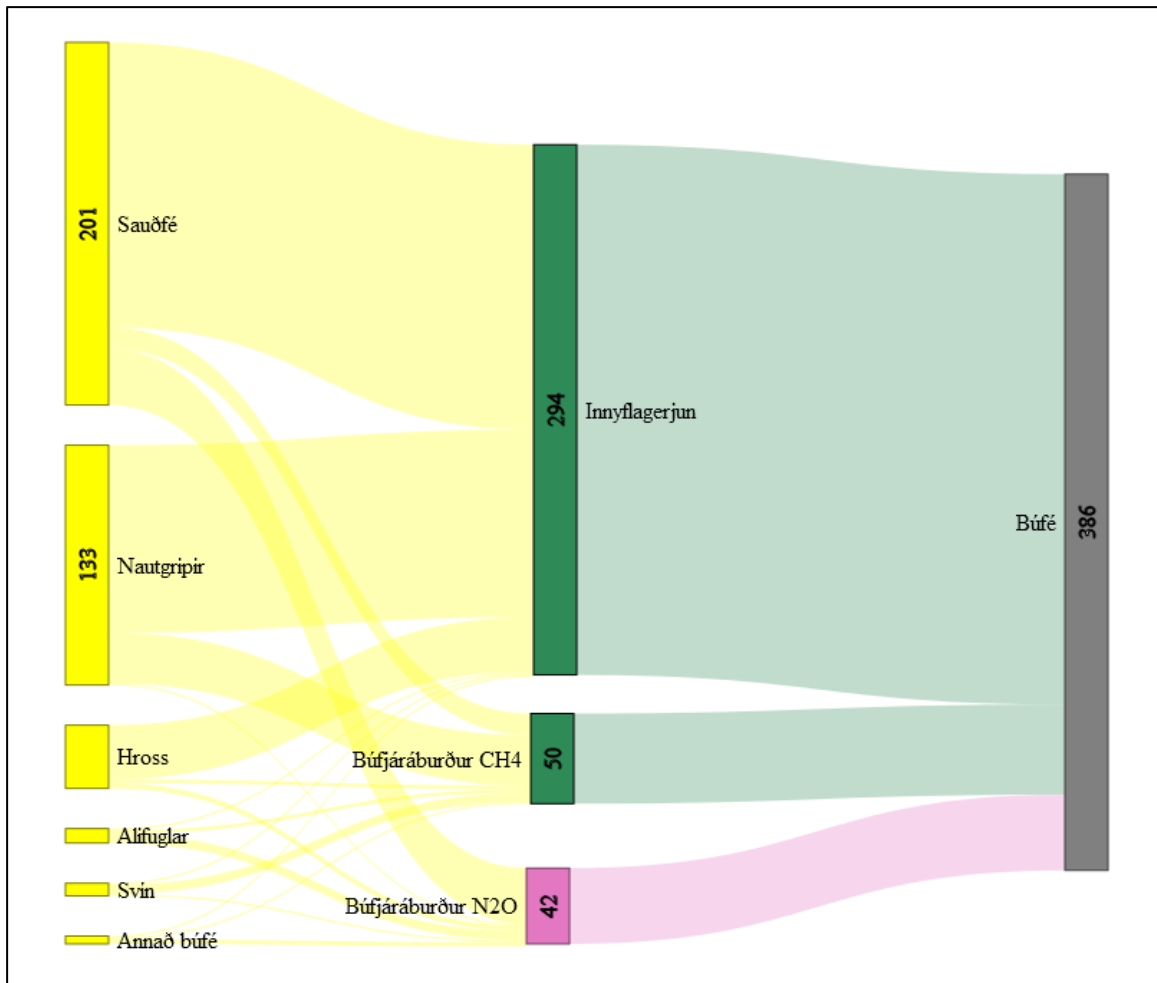
Losunarþáttur	Gripafjöldi	CH ₄ [kt]	N ₂ O (kt)	Alls [kt CO ₂ íg.]
Innyflagerjun				0,200
Loðdýr	51.790	0,001		0,025
Geitur	1.440	0,007		0,175
Meðhöndlun búfjáraburðar				3,259
Loðdýr	51.790	0,035	0,007	2,961
Geitur	1.440	0,000	0,001	0,298
Samtals		0,043	0,008	3,459

2.1.10 Samantekt vegna losunar frá búfé

Meirihluti losunar gróðurhúsalofttegunda frá búfé er vegna innyflagerjunar, sem er eðlilegur hluti lífsstarfsemi dýranna. Helstu áhrifaþættir þeirrar losunar eru fóðrun skepnanna og svo eðliseiginleikar þeirra. Losun úr búfjáraburði er um 20% en hins vegar felast í búfjáraburðinum möguleikar á að draga með óbeinum hætti úr losun vegna búfjár. Sá möguleiki er að vinna metan úr mykjunni en talið er að vinna megi allt að 17 kt CH₄ úr búfjáraburði og það án þess að rýra áburðargæði hans. Þessi mögulega metanvinnsla svarar til orkuinnihalds í 19 kt af díselolíu sem er af svipaðri stærðargráðu og áætluð brennsla jarðefnaeldsneytis í landbúnaði hér. Metanvinnsla úr búfjáraburði getur einnig verið farvegur fyrir önnur lífræn úrgangsefni og bætt þannig næringarefnum inn á býlin, sem ella væru ekki nýtt. Með þessu mætti því bæði draga úr þörf á tilbúnum áburði og bæta hringrás mikilvægra næringarefna eins og t.d. fosfórs.

Tafla 15. Samantekt á losun tengdri búfé og meðhöndlun búfjáraburðar. Taflan samsvarar mynd 3.

Búfé	kt CH ₄ ár ⁻¹ innyflagerjun	kt CH ₄ ár ⁻¹ búfjáraburður	kt N ₂ O ár ⁻¹ búfjáraburður	Alls kt CO ₂ ígildi á ári
Sauðfé	6,33	0,48	0,10	200,05
Nautgripir	4,15	1,13	0,0047	133,49
Hross	1,2	0,07	0,01	34,71
Svín	0,054	0,22	0,0005	6,93
Alifuglar	0,017	0,065	0,016	6,818
Annað búfé	0,008	0,043	0,008	3,459
Samtals kt gas	11,759	2,008	0,1392	385,457
Samtals kt CO₂ ígildi	293,98	50,2	41,48	



Mynd 3. Samantekt á losun gróðurhúsalofttegunda vegna innyflagerjunar búfjár og meðhöndlunar búfjáraburðar. Hæð súlnanna er í réttu hlutfalli við losun í kt CO₂ ígildum á ári. Tölur sem ekki koma fram á myndinni eru í töflu 15

2.2 Losun vegna ræktunar

Ræktun í landbúnaði er fyrst og fremst tún til heyöflunar og byggækt. Önnur ræktun svo sem á kartöflum og grænmeti er í minna mæli. Ekki er hér gerður neinn greinarmunur á þessari ræktun m.t.t. þeirrar losunar gróðurhúsalofttegunda sem henni fylgja. Þar með er ekki sagt að það sé enginn munur á losun eftir því hvað er ræktað eða hvernig staðið er að ræktuninni. Þvert á móti getur verið heilmikill munur á losun þar á, t.d. eftir því á hvernig jarðvegi er ræktað, hvað er ræktað og hvernig staðið er að áburðarnotkun eða jarðvinnslu o.s.frv. Með því að greina losunina m.t.t. þessara atriða kunna að skapast mörg tækifæri til að draga úr losun og jafnvel þar með að auka hagkvæmni ræktunarinnar.

Í því sem skilað er til loftslagssamningsins er losun frá ræktunarjarðvegi metin. Breytilegt er þó hvort einstaka þættir eru taldir fram undir landbúnaðarluta skilanna eða landnýtingarlutanum. Þeir þættir sem þar eru metnir eru; bein og óbein losun hláturgass (N₂O) frá ræktunarjarðvegi, bein og óbein losun CO₂ úr framræstu landi, losun CH₄ úr framræstu landi, losun CO₂ vegna kölkunar og notkunar á þvagefni og öðrum áburðarefnum sem innihalda

kolefni. Í skilum til loftslagssamningsins er einnig gert ráð fyrir þeim möguleika að kolefnisforði í steinefnajarðvegi innan ræktarlanda geti breyst. Þessi þáttur hefur ekki verið metinn hér á landi hingað til. Hér verður þrátt fyrir það fjallað stuttlega um þann þátt. Í þeim gögnum sem liggja til grundvallar mati á þessum losunarþáttum er ekki gerð nein tilraun til að skipta ræktunarlandi upp m.t.t. einstakra búgreina.

2.2.1 Losun eða upptaka CO₂ vegna breytinga á kolefnisforða steinefnajarðvegs.

Það er vel þekkt að ræktun á steinefnajarðvegi getur haft áhrif á kolefnisforða hans. Hér á landi hefur samt lítið verið birt um breytingar á kolefnisforða ræktarjarðvegs. Efnagreiningar á þeim jarðvegssýnum, sem í gegnum árin hafa verið tekin úr ræktarlandi hafa yfirleitt ekki verið greind m.t.t. kolefnisinnihalds. Áherslurnar hafa einfaldlega legið annars staðar og tilgangur sýnatöku fyrst og fremst að meta og ráðleggja um áburðarþörf. Töluvert af þessum sýnum hefur verið varðveitt, en óvíst er hvort hægt er að velja úr þeim haldbærar tímaraddir til að meta þessar breytingar. Það er þó vel staðfest að í svonefndum sandatúnum eykst kolefnismagn við ræktun. Ekki liggja almennt fyrir neinar upplýsingar um kolefnisforða í því landi, sem breytt hefur verið í tún og því ekki hægt að meta mögulegar breytingar með sýnatökum úr sömu túnum í dag. Í samantekt Bjarna Helgasonar á langtímaáhrifum áburðar, eru birt gögn um breytingar á lífrænu innihaldi jarðvegs (Helgason 1975). Samkvæmt þeim niðurstöðum gæti hækkun á kolefnishlutfalli (%) móajarðvegs verið um 0,05 árlega í efstu 5 cm jarðvegsins. Ef miðaða er við að rúmpýngd jarðvegsins sé 0,7 g cm⁻³ væri árleg aukning á kolefnisforða í öllum túnum á steinefnajarðvegi hér á landi um 11,5 kt C á ári⁻¹ og samsvarandi upptaka því um 42 kt CO₂.

2.2.2 Losun CO₂ frá framræstum jarðvegi

Votlendisjarðvegur hér er almennt séð með mikið af lítt niðurbrotnum plöntuleifum. Vegna mikils áfoks og gosösku á mörgum svæðum hafa þessar plöntuleifar þynnst út og kolefnisinnihald jarðvegsins á hverja rúmmálseiningu lækkað. Við framræslu jarðvegs, sem er með hátt innihald af lítt niðurbrotnum lífrænum efnum, verður veruleg aukning á niðurbroti þessara efna og þar með losun bæði á CO₂ og N₂O. Betur er fjallað um losun á CO₂ og mismunandi jarðveg hér á eftir (bls. 48) og varðandi N₂O losunina er vísað til umfjöllunar á bls. 26. Mat á þessari losun byggist annars vegar á losunarstuðli sem metur losun á flatareiningu og hins vegar á því flatarmáli sem talið er framræst (Jafna 6).

Jafna 6. Mat á losun/upptöku CO₂ við framræslu og aðra landnotkun [kt CO₂], EF_i = losunarstuðull viðkomandi landnýtingar [t C ha⁻¹], A_i = flatarmál viðkomandi landnýtingar [kha], 44/12 = umbreytingar stuðull kg C í kg CO₂ [kg CO₂ (kg C)⁻¹].

$$CO_2 \text{ losun} = (EF_i * A_i) * 44/12$$

Losun vegna niðurbrots lífrænna efna í framræstum jarðvegi er annars vegar byggð á losunarstuðli, sem ráðgjafanefnd loftslagssamningsins (IPCC) hefur áætlað fyrir ræktaðan jarðveg á okkar breiddargráðu og hins vegar mati Landbúnaðarháskóla Íslands á flatarmáli framræsts jarðvegs innan túna í notkun. Losunarstuðull IPCC er byggður á rannsóknum þar, sem viðkomandi losun hefur verið mæld og birt í ritrýndum greinum. IPCC stuðullinn er 7,9 ±

1,5 t C ha⁻¹ ári⁻¹, en hér hefur þessi losun innan tóna ekki verið mæld með beinum hætti þannig að mat á árslosun liggi fyrir. Mælingar á CO₂ losun við mismunandi hitastig úr jarðvegskjöörnum úr tónum, sýna þó losun af sömu stærðargráðu (Jansen 2008), Einnig hefur losun verið áætluð út frá upptöku köfnunarefnis í langtíma tilraunum á framræstum jarðvegi (Ríkharð Brynjólfsson munnlegar upplýsingar) og er mat á losun þar einnig sambærilegt.

Flatarmál tóna á framræstum jarðvegi er byggt á tveimur úttektum annars vegar (Þorvaldsson 1994) og hins vegar bráðbirgða tölum úr úttekt LbhÍ á tónajarðvegi, sem stendur enn yfir og miðar að landfræðilegri greiningu á framræstum jarðvegi. Úttekt árána 1990-1993 sýndi að um 44% tóna eru það sem kallað var mýrartún, úttekt LbhÍ, sem enn stendur styður þetta mat. Flatarmál tóna á framræstum jarðvegi árið 2014 er metið samkvæmt líkani, sem byggir á tímaröðum fyrir flatarmál tóna, mati á hlutfalli skurða innan tóna miðað við skurða og tónakort LbhÍ (Hellsing et al. 2016), áætluðum árlegum nýjum skurðum eftir 1993, (en þá líkur formlegri skráningu á skurðgreftri), og mati á aflögðum tónum. Þetta líkan er síðan kvarðað gagnvart áður greindri úttekt árána 1990-1993. Heildarflatarmál tóna á framræstum jarðvegi er samkvæmt þessu áætlað 56.662 ha eða um 45% ræktaðs lands í notkun.

Auk þess niðurbrots á lífrænum jarðvegi, sem verður við framræslu þá er í lífrænum jarðvegi bæði framræstum og óframræstum ákveðið útstreymi uppleystra lífrænna efna (Dissolved organic carbon DOC) og einnig skolast burt lífrænar agnir (Particle organic carbon POC). Þetta vatnsborna kolefni berst í ár og læki og brotnar þar niður og CO₂ losnar. Núverandi mat á þessari losun er byggt á losunarstuðli frá IPCC og flatarmáli framræstra ræktarlanda.

Tafla 16. Mat á losun frá framræstum jarðvegi tóna og binding í steinefnajarðvegi.

Losunarpáttur	Flatarmál [kha]	Losunarstuðull EF [t C ha ⁻¹ ári ⁻¹]	Losun [kt CO ₂ ári ⁻¹]
Niðurbrot lífrænna efna í framræstum jarðvegi	56,66	7,9	1641,31
Losun vegna útskolunar lífrænna efna	56,66	0,12	24,93
Losun¹⁾ úr steinefnajarðvegi	66,97	-0,17	-41,94
Samtals			1624,30

¹⁾ – tala stendur fyrir bindingu

2.2.3 Bein og óbein losun N₂O frá ræktunarjarðvegi

Þessari losun er skipt upp í loftslagsbókhaldinu eftir því hvort losunin kemur beint af ræktunarlandinu eða hvort hún verður annars staðar en er samt rakin til ræktunarinnar.

Tafla 17. Yfirlit yfir beina og óbeina losun N₂O vegna ræktarlands.

	Lýsing	Magn [kg N ári ⁻¹]	kg N ₂ O-N kg ⁻¹ N	N ₂ O losun [kt]
a. bein N ₂ O losun frá jarðvegi í ræktun				0,49
Tilbúinn áburður	Áborið N tilbúinn áburður	12.951.000	0,01	0,25
Lífrænn áburður búfjáráburður	Áborið N með lífrænum áburði	7.454.166	0,01	0,15
Uppskeruleifar (Crop residues)	N í uppskeruleifum sem enda í jarðvegi	15.262	0,01	0,00
Ræktun á lífrænum jarðvegi	Ræktun á lífrænum jarðvegi (ha/yr)	56.663	0,96	0,09
b. Óbein losun frá ræktunarlandi				0,46
N áfall ⁶⁾	Loftborið N frá áburðarnotkun	5.000.386	0,01	0,08
Útskolun N af yfirborði og um jarðveg	N úr áburði og öðru tilleggi (input), sem tapast með útskolun	9.659.079	0,02	0,38

Losun sem verður af ræktunarlandinu sjálfu (bein losun) er í fyrsta lagi vegna notkunar köfnunarefnisáburðar bæði lífræns og ólífræns, í öðru lagi vegna niðurbrots plöntuleifa, í þriðja lagi, vegna N-losunar eða upptöku (mineralization/immobilization) sem tengist breytingum á magni lífrænna jarðvegsefna (SOC) í steinefnajarðvegi, og í fjórða og síðusta lagi losun, sem verður vegna ræktunar á lífrænum (framræstum) jarðvegi.

Af þeim þáttum sem teljast til beinnar losunar þá er búfjáráburður eini lífræni áburðurinn sem metinn er. Annar lífrænn áburður er þó eitthvað nýttur í landgræðslu eða jafnvel borinn á land sem „förgunarleið“. Dæmi um þetta eru notkun á seyru, fiskúrgangi og kjötmjöli. Þessir þættir eru ekki metnir í skilum til loftslagssamningsins, ólíklegt er þó að það breyti miklu fyrir heildarmyndina.

Í loftslagsbókhaldinu er ekki lagt mat á losun N₂O sem tengist breytingum á innihaldi lífrænna efna í steinefnajarðvegi. Ekki hafa legið fyrir tölur um breytingar, sem verða á innihaldi lífrænna efna í steinefnajarðvegi við ræktun og þar af leiðandi er ekki unnt að leggja mat á magn köfnunarefnis sem losnar eða er bundið í lífræn efni því samhliða. Hér að ofan er hins vegar gerð tilraun til að meta þessa breytingu á kolefnisforða (bls. 25). Þar er metið að kolefnisforði í ræktarlandi geti aukist um 0,2 kt C á ári. Miðað við C:N sé 15 í þessum forða væru að bindast um 0,05 kt N. Ef gengið er út frá því að þessi upptaka á N hafi það í för með sér að losun N₂O úr því köfnunarefni sem er til staðar minnki í hlutfalli við það sem bundið er í þessu forða, þá svarar þessi upptaka til minnkunar á N₂O losun um 0,001 kt eða ígildi 0,27 kt CO₂.

Losun, sem verður annars staðar, en er samt rakin til ræktarlandsins (óbein losun), er annars vegar losun vegna áfalls (deposition) rokgjarna köfnunarefnissambanda frá ræktarlandi (ammonium og nituroxíð) á annað land eða vatn, og hins vegar vegna útskolunar köfnunarefnissambanda frá ræktarlandi.

Ekki er vitað til að hér hafi verið gerðar mælingar á tapi næringarefna úr áburði vegna uppgufunar rokgjarna efna eða hvar þau lenda. Hvort heldur þau lenda á landi eða í vatni þá eru líkur á að ákveðið hlutfall þeirra endi sem N₂O.

Þó svo að margir þætti geti leitt til myndunar á N₂O þá eru í raun sömu ferlin í gangi alls staðar þ.e.a.s. nítun og afnítun. Mismunurinn liggur í því hvernig hráefnin (NH₄⁺ og NO₃⁻) eru tilkomin, hvort þau eiga uppruna sinn í ólífrænum söltum í tilbúnum áburði eða vegna niðurbrots lífrænna efna sem innihalda N- sambönd skiptir ekki öllu máli. Aðstæður til myndunar N₂O geta hins vegar verið mjög mishentugar og magn N₂O sem myndast því breytilegt. Ýmislegt bendir til að N₂O myndun í jarðvegi hér á landi sé verulega minni en víða erlendis og þar sem N₂O er mjög öflug gróðurhúsalofttegund þá er mikilvægt að matið á losuninni sé sem nákvæmast. Þörf er á að efla þekkingu okkar á losun N₂O bæði úr ræktarlandi og frá öðrum þáttum.

2.2.4 Losun CH₄ frá framræstu ræktarlandi

Við framræslu á lífrænum jarðvegi þá stöðvast að mestu losun metans CH₄ um yfirborð bæði hættir myndun þess í þeim hluta jarðvegsins sem nægt súrefni er til staðar og það metan sem áfram myndast í dýpri lögum, þar sem loftfirrtar aðstæður ríkja, oxast á leið sinni upp á yfirborði. Hversu mikið dregur úr metan losun er háð því hversu mikil lækun er á vatnsborði í jarðvegi en mælingar hér sýna að almennt þá er metanlosun óveruleg ef vatnsborð í jarðvegi er lægra en 30-40 cm frá yfirborði sjá t.d. (Óskarsson 1998). Hins vegar þá ríkja aðrar aðstæður í framræsluskurðunum þar er styttra í loftfirrtan jarðveg og aðstæður eru eins og í votlendum hvað það áhrærir. Í skilum til loftslagssamningsins er lagt mat á losun metans úr framræstu landi. Það mat byggir á losunarstuðlum fyrir annars vegar framræsta landið og hins vegar fyrir skurðina (Jafna 7).

Jafna 7. Mat á losun CH₄ úr framræstu landi (IPCC 2014) jafna 2.6. CH₄ framræst = losun CH₄ [kg CH₄ ári⁻¹], A = flatarmál framræst að skurðum meðtöldum [ha], Frac_{skurðir} = hlutfall skurða af heildarflatarmáli, EF_{CH₄} = losunarstuðull [kg CH₄ ha⁻¹ ár⁻¹].

$$CH_4 \text{ framræst} = A * ((1 - Frac_{skurðir}) * EF_{CH_4 \text{ land}} + Frac_{skurðir} * EF_{CH_4 \text{ skurðir}})$$

Losunarstuðlarnir eru samkvæmt mati IPCC, og einnig áætlað hlutfall flatarmáls skurða af framræstum svæðum. Metan losun af tünnum hefur verið mæld í verkefni, sem unnið var hjá Lbhí. Niðurstöðurnar hafa ekki en verið birta í ritrýndum greinum. Þær niðurstöður staðfesta að engin losun er úr framræsta landinu, eins og losunarstuðull IPCC gerir ráð fyrir. Niðurstöðurnar benda til þess að jafnvel geti verið um lítilháttar upptöku metans (0,73 kg CH₄ ha⁻¹ ári⁻¹) að ræða (Gudmundsson 2009). Losun úr skurðum var ekki mæld í því verkefni, en í öðru verkefni (Ólafsdóttir 2015) þá var hún mæld í skurðum í óræktuðu landi en IPCC gerir ráð fyrir sama stuðli í slíku landi og í ræktuðu, þannig að sú mæling er ágæt til samanburðar.

Tafla 18. Metan losun úr framræstu ræktuðu landi annars vegar metin út frá stuðlum IPCC og hins vegar tiltækum innlendum mælingum.

Losunarþáttur	Flatarmál [kha]	Hlutfall skurða	EF _{CH₄ land} [kg CH ₄ ha ⁻¹ ári ⁻¹]	EF _{CH₄ skurðir} [kg CH ₄ ha ⁻¹ ári ⁻¹]	Áætluð losun [kt CH ₄ ári ⁻¹]
IPCC	56,66	0,05	0	1165	3,3
Innlendar mælingar	56,66	0,05	-0,73	164,8	0,43

Samanburður á notkun innlendra mæliniðurstöðva og leiðbeinandi stuðla. Tafla 18 sýnir glögglega að það getur skipt verulegu máli að efla innlendar rannsóknir á losun gróðurhúsalofttegunda vegna hinna ýmsu þátta. Í þessu dæmi lækkar mat á losun um 87% ef notaðar eru innlendar mæliniðurstöður.

2.2.5 Losun vegna kölkunar ræktunarjarðvegs og notkunar þvagefna.

Kölkun: Sýrustig jarðvegs hefur mikil áhrif á upptöku plantna á næringarefnum. Ef jarðvegur súrnar um of þarf oft að grípa til aðgerða til að hækka sýrustigið. Hefðbundin aðferð er að bera kalk eða dolemít á jarðvegin en bæði efnin eru karbónöt (CaCO_3 og $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) sem hækka sýrustig jarðvegsins. Hér á landi hefur skeljasandur sem er 90% CaCO_3 einnig mikið verið notaður í þeim tilgangi. Innflutningur á hreinu kalki og dolemíti er skráður og aðgengilegur, öllu flóknara er að nálgast mat á karbónötum sem blandað er í annan tilbúinn áburð, ekki er nein formleg skráning á notkun skeljasands í þessum tilgangi en fram til 2012 var reynt að meta þessa notkun með óbeinum hætti út frá sölutölum dreifingaraðila. Því virðist sem að við tilfærslu á þessum losunarþætti innan loftslagsbókhaldsins hafi matið breyst og ákveðnir þættir sem áður voru metnir fallið út. Hér er því losunin eins og hún var meti 2012 lögð til grundvallar. Sýrustig jarðvegs er einn þeirra þátta sem hafa á hrif á losun N_2O , kölkun jarðvegs getur því haft í för með sér aukna losun á N_2O . Nýlegar rannsóknir benda til að það geti skipt verulegu máli hvaða efni eru notuð til að hækka sýrustigi og virðist sem notkun á ólívín sandi dragi verulega úr N_2O losun miðað við aðrar kölkunaraðferðir (Peter Dörsch tölvupóstsamskipti, (Mörkved et al.; Nadeem et al.)). Ólívín er ein af megin steindum í íslensku basalti og kann það að vera ein skýring þess hvers vegna losun á N_2O mælist minni hér en almennt annars staðar. Notkun á ólvin sandi til að hækka sýrustig jarðvegs kann því að vera áhugavert rannsóknarverkefni hér á landi þar sem mikið er af slíkum sandi hér.

Notkun þvagefnis (urea): Þvagefni er innheldur kolefni sem losnar þegar það er borið á jarðveg. Þvagefni er myndað í spendýrum og er aðal köfnunarefnissambandið í þvagi þeirra. Það myndað úr annars vegar NH_3 og hins vegar CO_2 . Það þvagefni sem borið er á sem hluti af þvagi búfár veldur því ekki auknum styrk CO_2 í andrúmsloftinu því kolefnið sem þarna er bundið kemur beint úr fæðunni og því hlutlaust m.t.t. hlýnunar. Með öðrum orðum þá er svo skammt síðan það var numið úr andrúmsloftin við ljóstillífun að það leiðir ekki til hækkunar CO_2 til lengri tíma litið. Þvagefni er hinsvegar einnig framleitt í iðnaðarferlum og þá er það numið úr andrúmsloftinu og iðnaðurinn reiknar sé þá upptöku til frádráttar þeirri losun sem hann veldur. Þess vegna er losun sem verður vegna notkunar á iðnaðarframleiddu þvagefni talin fram. Segja má að ástæðan fyrir því að taka þennan losunarþátt með sé fremur bókhaldslegs eðlis en að um raunverulega viðbót í andrúmsloftið sé að ræða.

Notkun á kalkefnum og þvagefnum er dregin saman í töflu 19. Losunarstuðlar eru miðaðir við að allt kolefni sem er í viðkomandi efnasamböndum losni sem CO_2 .

Tafla 19. Losun vegna kölkunar á jarðvegi og notkunar iðnaðarframleiddra þvagefna.

Losunarpáttur	Magn [t ári ⁻¹]	Losunarstuðull [t CO ₂ -C t ⁻¹]	Losun [kt]
Kalk (CaCO ₃)	2.931,07	0,12	1,29
Dólemít CaMg(CO ₃) ₂	2.136,08	0,13	1,02
Skeljasandur 90% CaCO ₃	4.342,60	0,11	1,72
Alls vegna kölkunar			4,03
Þvagefni	470,83	0,20	0,35

2.2.6 Samantekt um losun frá ræktarlandi

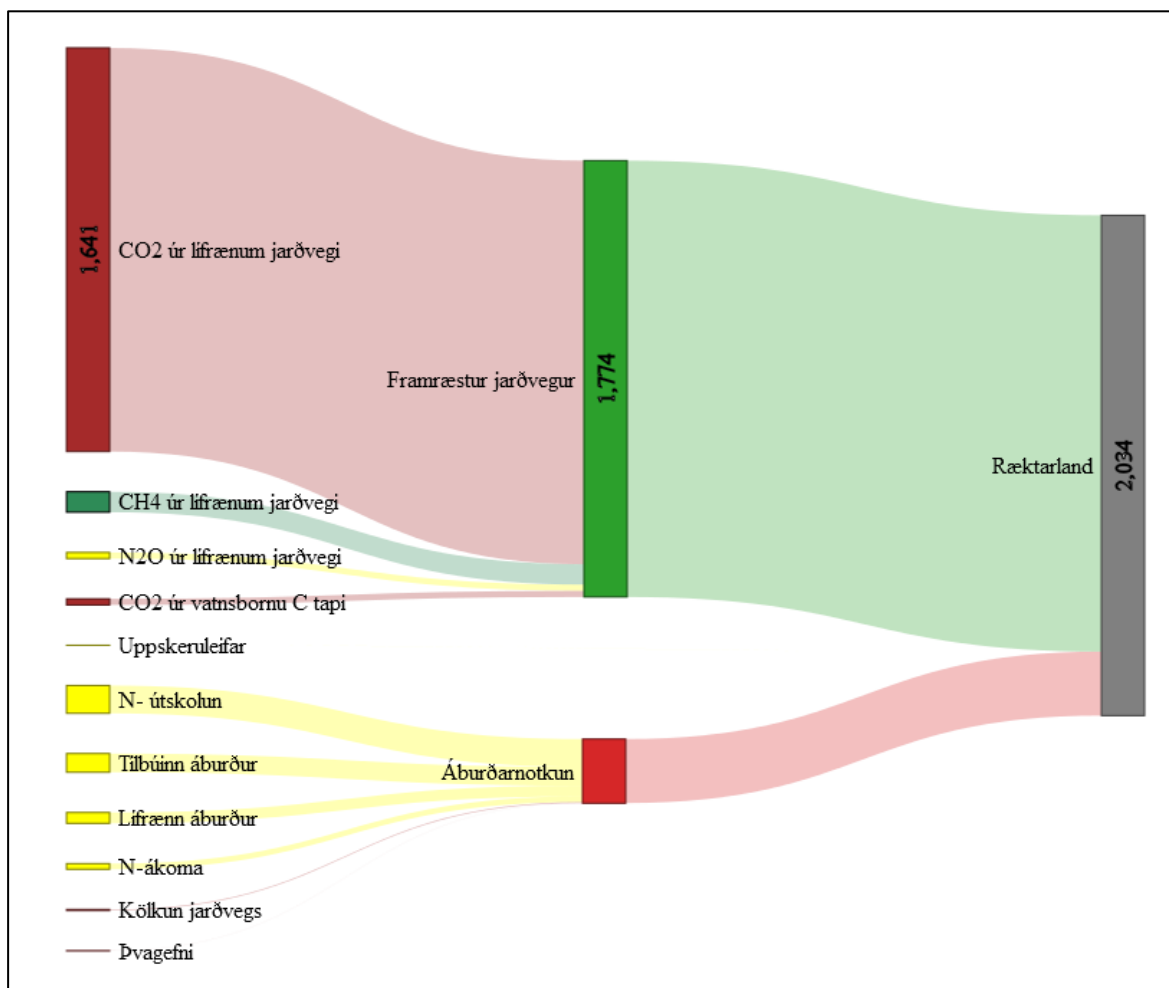
Mynd 4 sýnir hvernig losun tengd ræktarlandi skiptist niður á einstaka þætti. Langstærstur hluti heildarlosunarinnar er vegna losunar CO₂ úr framræstu landi, sem nýtt er til ræktunar. Þar er jafnframt mest að sækja til að draga úr losun. Ef val er á milli þess á hvernig jarðvegi ræktað er þá er tvímælalaust hagstæðara gagnvart losun gróðurhúsalofttegunda að velja annan jarðveg en votlendisjarðveg með háu kolefnisinnihaldi. Að sama skapi ef draga þarf saman í ræktun á einstökum svæðum fylgir meiri samdráttur í losun ef land á votlendisjarðvegi er tekið úr ræktun og votlendi endurheimt á þeim jarðvegi.

Tafla 20: Samantekt á losun og upptöku ræktarlands. Taflan sýnir þær losunar tölur sem ekki koma fram á myndum 4 og 5.

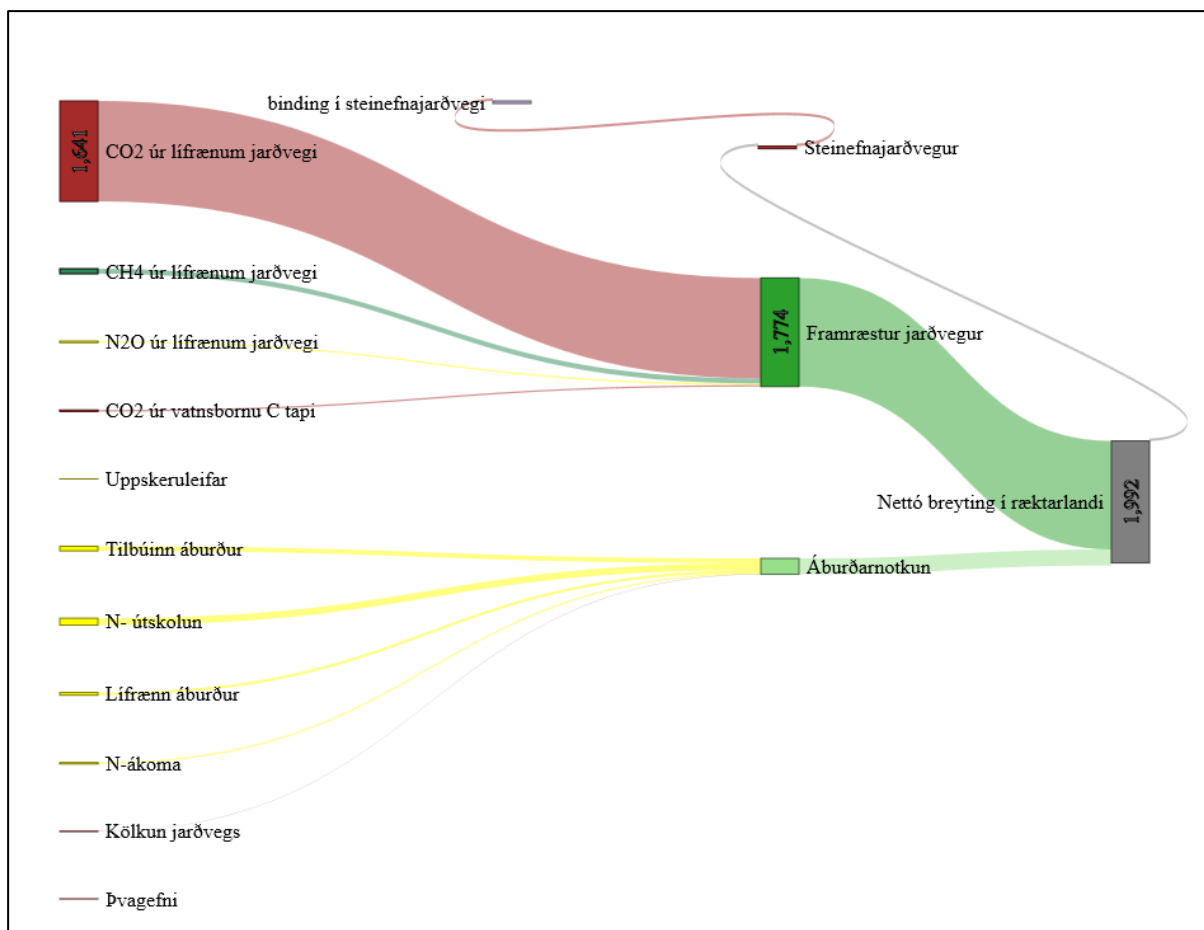
Losunarpáttur	kt CO ₂ ár ⁻¹	kt CH ₄ ár ⁻¹	kt N ₂ O ár ⁻¹	Alls kt CO ₂ ígildi á ári
Upptaka C í steinefnajarðveg	-42			-42
Niðurbrot lífrænna efna úr framræstum jarðvegi	1.666	3,3 (83)*	0,09 (27)*	1.774
Tilbúinn áburður			0,25	76
Lífrænn áburður			0,15	44
N-áfall			0,08	23
N útskolun			0,38	113
Uppskeruleifar			0,00	0,1
Kölkun jarðvegs	4,0			4,0
Notkun iðnaðarfarmeliddra þvagefna	0,4			0,4
Samtals kt á ári	1.628,4	3,3 (83)*	0,95(283)*	1.992,5

* tölur í sviga eru CO₂ ígildi viðkomandi losunar

Þrátt fyrir að þessi eini þáttur yfirgnæfi aðra þætti þegar kemur að losun gróðurhúsalofttegunda þá er mikilvægt að horfa einnig til annarra þátta. Minnkuð losun vegna þeirra getur líka oft haft í för með sér fjárhagslegan ábata fyrir viðkomandi bú. Þar nægir til dæmis að nefna aðgerðir til að draga úr áburðarnotkun og bæta nýtingu þess áburðar, sem borinn er á. Í Kyoto bókuninni er breytt umhirða ræktarlands (e: cropland management) einn þeirra þátta sem mögulegt er að taka með í útreikningum á því hvort staðið hefur verið við skuldbindingar gagnvart bókuninni. Þessi þáttur var ekki valinn af Íslandi en ástæða gæti verið til að kanna þennan þátt betur til að fá raunhæfa mynd af áhrifum núverandi ræktunar á kolefnisforða þess steinefnajarðvegs, sem ræktað er á í dag.



Mynd 4 Samantekt á losun í kt CO₂ ígildum á ári frá ræktarlandi. Einstakir losunarþættir eru flokkaðir m.t.t. gastegunda sem losna og litamerktir til samræmis: CO₂ ■, CH₄ ■, N₂O ■. Hæð súlnanna er í réttu hlutfalli við losun. (Ath: (,) skilur að þúsund)



Mynd 5 Samantekt á losun og upptöku í kt CO₂ ígildum á ári frá ræktarlandi. Einstakir losunarþættir eru flokkaðir m.t.t. gastegunda sem losna og litamerktir til samræmis: CO₂ ■, CH₄ ■, N₂O ■. Hæð súlnanna er í réttu hlutfalli við losun eða upptöku. (Ath: (,) skilur að þúsund)

2.3 Losun úr fódri

Í skilum til loftslagssamningsins er ekki gert ráð fyrir neinni losun úr fódri. Engu að síður er sá þáttur tekinn lítillega til umfjöllunar hér. Það kolefni sem bundið er í fódriinu endar að mestu í viðkomandi búfé og er þegar búið að gera ráð fyrir þeirri losun sem af því hlýst. Möguleg losun frá fódri snýst um losun sem verður frá því að það er uppskorið og þar til það er étið. Losun sem verður vegna niðurbrots á fódriinu í geymslu er því sá þáttur sem mögulega er vanmetinn. Ef losunin er sem CO₂ þá er sú losun hlutlaus gagnvart andrúmsloftinu því það kolefni var stuttu áður numið þaðan með ljóstillífun. Ef hins vegar losunin er sem CH₄ eða N₂O þá er eðlilegt að telja hana með eins og losun sömu lofttegunda úr búfjáráburði. Í rúlluböggum þá verður ákveðin rýrnun á lífrænu efni við geymslu. Þessi rýrnun hefur verið metin hér á landi á bilinu 0-8% breytilegt eftir plöstun og geymsluaðstæðum (Guðmundsson 2001). Metanmyndun í heyverkun er talin mjög óveruleg og það kolefni sem tapast losni fyrst og fremst sem CO₂ og eitthvað sem CO. Einnig myndast eitthvað af N₂O. Ekki liggur neitt fyrir um myndun þessarar gastegunda í heyi hér.

Losun sem tengist þessari rýrnun á fódri hefur ekki verið metin hér en stærðargráðuna er hægt áætla út frá árlegum heyfeng og rýrnun frá uppskeru að fódri. Árlegur heyfengur hér er um $2,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ef miðað er við rúmpýngd $0,2 \text{ t m}^{-3}$ eru þetta um 500 t og gæti rýrnunin því numið

25 t af heyi. Ef gert er ráð fyrir 80% þurrefni og að helmingur sé kolefni er þetta um 10 t C. Ef miðað er við að hlutfall kolefnis og köfnunarefnis (C:N) í heyi sé 15-20 (Pálmason 2013) losna um 0,5-0,6 t N við þessa rýrnun. Almennt er miðað við að um 1% af tiltæku N losni sem N₂O-N og mætti því búast við að 0,007-0,01 t N₂O losni vegna þessarar rýrnunar það svarar til 2,3-3,1 t CO₂ ígilda. Ekki er talið að neinn hluti þessarar rýrnunar losni sem CH₄ (Þóroddur Sveinsson (LbhÍ) munnleg heimild). Hins vegar er frekar að búast við einhverri metanmyndun í því heyi sem skemmist. Ekki hefur verið lagt neitt mat á þá losun hér svo vitað sé.

2.4 Innviðir og tæki á býlinu

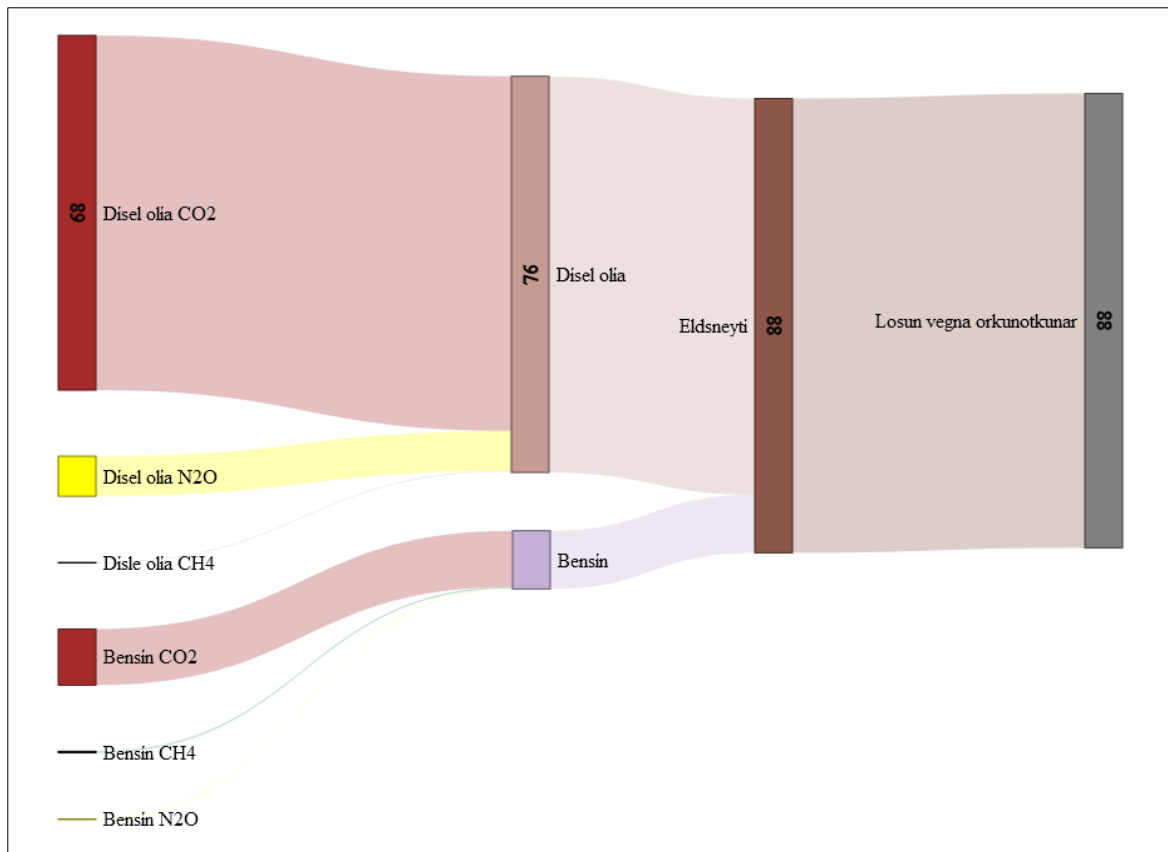
Hverju býli fylgja margvísleg tæki, vélar og byggingar. Þessi tæki, vélar og byggingar þarf bæði að reka og viðhalda og endurnýja. Byggingar ganga úr sér og reisa þarf nýjar þeirra í stað og eins vegna breyttra búskaparháttanna. Vélar þarfnast eldsneytis eða annarra orkugjafa, hús þarf að kynda, lýsa upp og loftræsta o.s.frv. Orkunotkun getur því verið umtalsverð á hverju býi.

Í eldsneytisspá 2016 (Orkuspánefnd 2016) er áætlað að eldsneytisnotkun á dráttavélar hafi verið 12,8 kt árið 2014. Ekki er lagt neitt mat á aðra eldsneytisnotkun í landbúnaði. Þó er ljóst að ýmis önnur eldsneytisnotkun tengist búrekstrinum t.d. eldsneyti á bifreiðar. Ekki er hér gerð tilraun til að meta hve mikill hluti af þeirri eldsneytisnotkun er vegna búrekstrar og hve stór hluti vegna heimilisrekstrar. Ljóst er að á mörgum bæjum þarf að aka langar vegalengdir í alla almenna þjónustu vegna staðsetningar viðkomandi bús og því eðlilegt að telja þá hluta þeirrar eldsneytisnotkunar með í búrekstri. Fjöldi lögbýla á Íslandi var 4.200 árið 2014. Meðal eldsneytisnotkun díselbíla var árið 2014 um 1.600 kg/bíl og bensínbíla 769 kg/bíl. Ef miðað er við að á hverjum bæ sé að jafnaði einn díselbíl og einn bensínbíl og að eldsneytisnotkun sé eins og meðaltal allra bíla í landinu, þá er eldsneytisnotkun á bifreiðar 6,7 kt díselolía og 3,2 kt bensín. Þessu til viðbótar er önnur olíunotkun svo sem vegna upphitunar húsa, annara tækja en dráttavéla, kornþurrkun o.fl. Hér er miðað við að þessi notkun sé 10% af hvorri eldsneytisgerð.

Tafla 21. Áætluð eldsneytisnotkun á býlum.

Eldsneytisnotkun	Magn [kt]	CO ₂ [kt]	CH ₄ [kt]	N ₂ O [kt]	CO ₂ íg [kt]
Díselolía á dráttavélar	12,8	40,78	0,002	0,016	45,53
Dísel á bifreiðar	6,7	21,35	0,001	0,008	23,83
Bensín á bifreiðar	3,2	9,82	0,011	0,000	10,19
Önnur notkun díselolía	2,0	6,21	0,000	0,002	6,94
Önnur notkun bensín	0,32	0,98	0,001	0,000	1,02
Samtals	25,02	79,14	0,015	0,026	87,51

Í heild er notkun á eldsneyti að hafa í för með sér losun á 79 kt CO₂, 15 t CH₄ og 26 t N₂O. Samtals er þetta 88 kt CO₂ ígildi á ári.



Mynd 6. Vægi einstakra þátta í heildarlosun vegna eldsneytisnotkunar á býlum. Hæð súlnanna er í réttu hlutfalli við losun hvers þátta í CO₂ ígildum á ári.

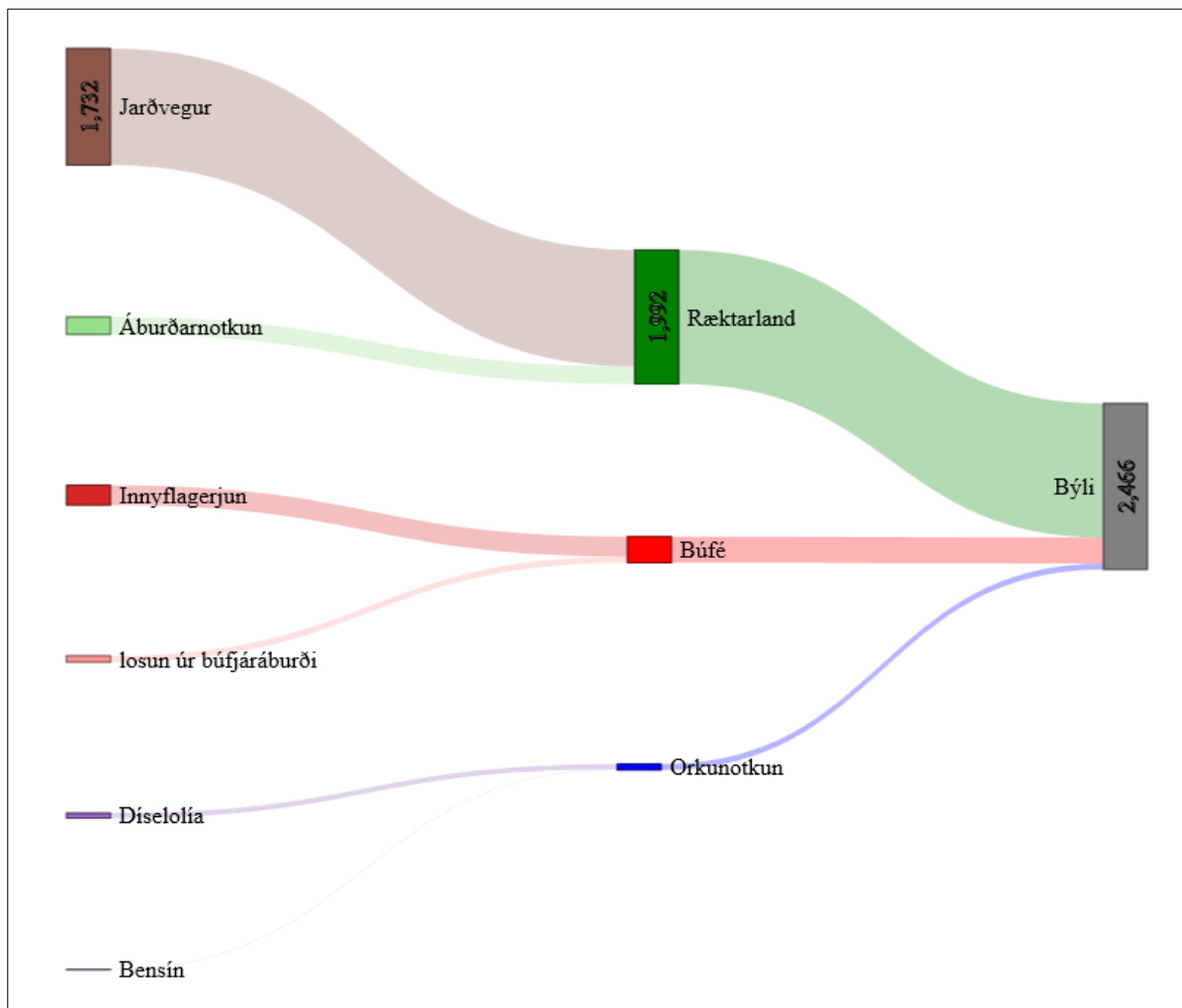
Mynd 6 sýnir vægi einstakra þátta í heildarlosun vegna eldsneytis. Lengst til hægri á þeirri mynd er sýnd heildarlosun vegna orkunotkunar, sem hér er sú sama og losunin vegna eldsneytisnotkunar. Þessi liður er settur þarna inn til að minna á að einnig er til staðar önnur orkunotkun, bæði rafmagn og heitt vatn. Þó svo að þessum orkugjöfum fylgi mun minni losun gróðurhúsalofttegunda þá er samt ákveðin losun sem rétt er að hafa með í heildarmyndinni þó svo það hafi ekki unnist tími til þess hér.

Stór hluti þeirrar losunar sem tengist innviðum og tækjum verður þó annarsstaðar en á býlunum sjálfum þ.e. við framleiðslu viðkomandi tækja og þeirra hráefna sem notuð eru. Nánar er fjallað um þá þætti síðar í þessari samantekt.

2.5 Heildarlosun á býli

Langstærsti hluti (81%) losunar gróðurhúsalofttegunda innan býlis kemur frá ræktarlandinu. Þar vegur mest (71%) losun frá framræstum votlendisjarðvegi. Þrátt fyrir að þessi eini þáttur valdi svo miklu um heildarlosunina er mikilvægt að horfa einnig til annarra þátta og möguleika á að minnka losun þeirra vegna. Áburður veldur þannig um 10% losunarinnar og honum fylgir jafnframt mikill kostnaður í rekstri búanna. Orkunotkun vegur um 3,5% í heildarlosuninni en ef losun úr farmræstum jarðvegi er ekki tekin með þá er hún um 12% af losuninni. Með því að vinna metan úr búfjáráburðinum, sem til fellur í landbúnaði má mæta eldsneytisþörfinni að miklu leyti. Áætluð metanvinnsla úr búfjáráburði er 17 kt CH₄ en eldsneytisnotkun alls um 25

kt díselolíu og bensíns, þar af fara um 15 kt á dráttavélar og önnur tæki. Orkuinnihald í 17 kt CH₄ svarar til orkuinnihalds um 20 kt af díselolíu.

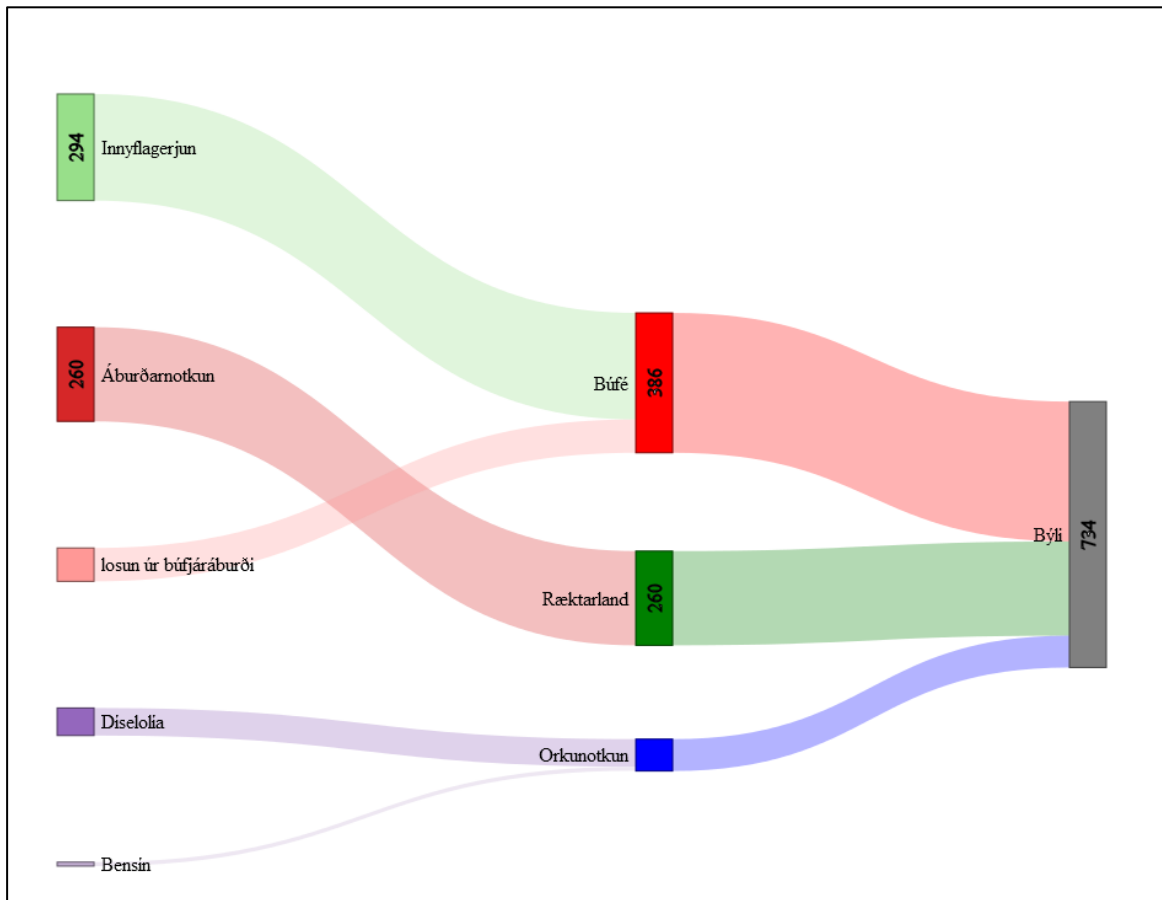


Mynd 7. Vægi einstakra losunar þátta í heildarlosun innan býlis. Hæð hvernar súlu er í réttu hlutfalli við losun í kt CO₂ ígildum á ári. Tölur sem ekki koma fram á mynd má sjá í töflu 22. (Ath: (,) skilur að þúsund)

Sú losun sem er úr framræstum túnum yfirgnæfir aðra losunarþætti innan býlis. Þessir þættir eru engu að síður mikilvægir og hægt er að ná árangri við að draga úr losun þeirra vegna. Þess vegna er mikilvægt að draga þá fram sérstaklega. Af þessum þáttum þá vegur innyflagerjun búfjár mest (294 kt CO₂ ígildi) en síðan er losun vegna áburðarnotkunar (294 kt CO₂ ígildi)

Tafla 22 Samantekt á losun innan býlis. Taflan svarar til myndar 7

Losunarþáttur sundurliðað	kt CO ₂ ígildi ár ⁻¹	Losunarþáttur samtals	kt CO ₂ ígildi ár ⁻¹
Jarðvegur	1.732	Ræktarland	1.992
Áburðarnotkun	260	Búfé	386
Innyflagerjun	294		
Búfjáraburður	92		
Díselolía	76	Orkunotkun	88
Bensín	12		



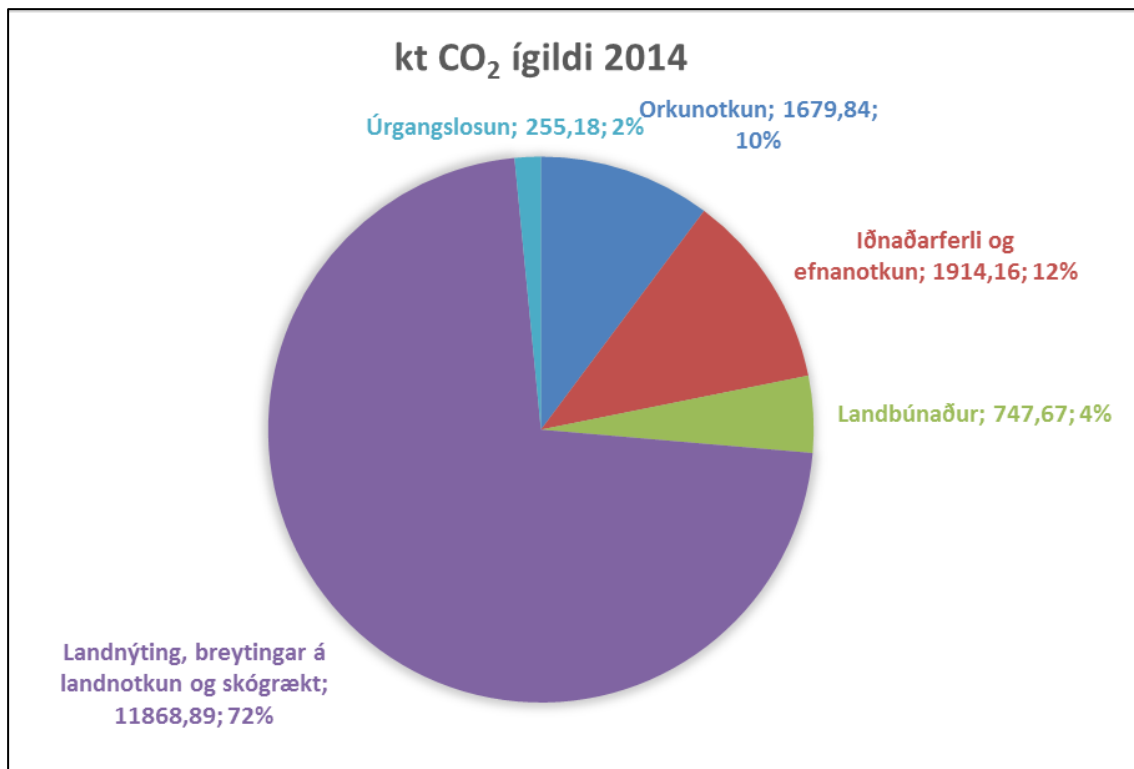
Mynd 8. Samantekt á losun innan býla eins og hún lítur út án losunar frá túnnum á framræstu landi og bindingar í steinefna jarðvegi túna. Losun úr búfjáraburði er metin 92 kt CO₂ ígildi og losun vegna orkunotkunar 88 kt CO₂ ígildi. Hæð hvernar súlu er í réttu hlutfalli við losun í CO₂ ígildum á ári.

3 Losun tengd landnýtingu utan býla

Landbúnaður nýtir langstærstan hluta lands á Íslandi. Mest af landi utan þéttbýlis hefur lengst af verið skilgreint sem landbúnaðarland. Fyrirkomulag beitarmála hér þar sem lausaganga búfjár er almenn, gerir það að verkum að flest svæði, sem ekki eru sérstaklega afgirt eru opin til beitar. Í yfirstandandi gagnasöfnun LbhÍ fyrir gagnagrunn um landnýtingu er beit einn þeirra þátta, sem skráður er í úttektarpunktum. Bráðabirgðar niðurstöður sýna að aðeins tæpur helmingur (43%) allra úttektarpunkta er skráður sem beitt land. Hæst er hlutfallið í landi, sem skráð er sem mólendi (47%) eða votlendi (53%) og kemur það svo sem ekki á óvart. Í landi sem skráð er sem annað land og skilgreint með < 20% þekju æðplantna, er beit skráð á 22% punkta og í landi sem skráð er skóglendi, er beit skráð í 13% punkta. Þessa skiptingu er rétt að hafa í huga við túlkun fyrirbyggjandi upplýsinga um losun sem tengist landnýtingu. Einnig er rétt að benda á að þó svo að land sé ekki nýtt til beitar í dag þá hefur það í fæstum tilfellum verið tekið úr notkun sem landbúnaðarland og þess vegna hvenær sem er hægt að hefja beit á því að nýju. Það má því á vissan hátt segja að þetta land sé í hvíld. Hluti þess lands, sem ekki er beitt er hreinlega ekki með neinum gróðri á og beit því ekki valkostur í raun.

3.1 Losun og upptaka gróðurhúsalofttegunda tengd landnotkun og breytingum á landnotkun í skilum til UN_FCCC

Á heimsvísu er nettólosun gróðurhúsalofttegunda vegna allrar landnotkunar og breytinga á landnotkun um 1/4 af árlegri aukningu gróðurhúsalofttegunda í andrúmsloftinu (IPCC 2013). Hér á landi er vægi losunar vegna landbúnaðar og landnotkunar, eins og hún birtist í skilunum til loftslagssamningsins, mun meira eða allt að 3/4 af heildarlosuninni (Hellsing et al. 2016). Þá er meðtalið það sem fellur undir landnýtingarhluta (LULUCF) og landbúnaðarhluta skilanna (Mynd 9).



Mynd 9. Skipting losunar gróðurhúsalofttegunda á Íslandi eftir uppruna eins og hún birtist í skilum til UN-FCCC.

Við mat á losun vegna landnýtingar í skilum til UN-FCCC er landi skipt upp í sex megin flokka eftir yfirborðsgerð. Þessi flokkar eru; skógar (Forestland), ræktað land (Cropland), mólendi (Grassland), votlendi (Wetland), búsetuland (Settlements), og annað land (Other land). Flokkurinn „Grassland“ í skilum til UN_FCCC er skilgreindur sem allt land með yfir 20% þekju æðplantna og fellur ekki undir skilgreiningar fyrir skóga, ræktað land, votlendi eða búsetuland. Hér er þetta land kallað mólendi. Af þessum landnýtingarflokkum hér á landi eru tveir sem ná samtals yfir 92% af flatarmáli landsins. Þetta er annars vegar „mólendi“ (53%) og hins vegar „annað land“ (39%). Flokkurinn „annað land“ er í viðmiðunum loftslagssamningsins skilgreint sem ónotað land (unmanaged) og engin losun eða binding talin fram gagnvart því. Innan þessara landnýtingarflokka eru svo landi skipt í undirflokk m.t.t. mats á losun og eftir því sem gögn viðkomandi lands leyfa.

Tafla 23. Flatarmál einstakra landnýtingarflokka eins og það er metið í skilum til UN-FCCC fyrir ári 2014.

Landnýtingarflokkur	Flatarmál 2014 [kha]	Flatarmál 2014 [km ²]	%
Skógur	136,6	1.366	1,3
Ræktað land í notkun	126,2	1.262	1,2
Mólendi	5.377,3	53.777	52,4
Votlendi	619,4	6.194	6,0
Búsetuland	27,6	276	0,3
Annað land	3.981,8	39.818	38,8
Samtals	10.268,9	102.689	

Við breytingar á landnotkun verða oft mikil losun eða bindingu gróðurhúsalofttegunda, í skilunum til loftslagssamingsins eru slíkar breytingar meðhöndlaðar sem flutningur á landi milli landnýtingarflokka. Slíkar breytingar eru t.d. nýskógrækt en þá er skógi plantað í land, sem er skilgreint með aðra landnýtingu. Langstærsti hluti nýskógræktar á Íslandi er vegna plöntunar í land, sem áður var flokkað sem mólendi, en við plöntunina færast það land yfir í skógarflokkin. Annað dæmi er landgræðsla, en þá er yfirleitt verið að vinna með land, sem flokkað er í upphafi sem annað land, en við aðgerðina færast það yfir í mólendisflokkin. Þriðja dæmið er svo framræsla votlendis en þá færast land úr votlendisflokki yfir í aðra flokka eftir því hver landnýtingin er að lokinni framræslu. Að stærstum hluta er framræst votlendi í dag flokkað, sem mólendi, en umtalverður hluti er þó nýttur sem ræktað land. Öllum þessum dæmum fylgja breytingar á kolefnisforða viðkomandi lands, sem ýmist valda losun eða upptöku úr andrúmsloftinu.

Það skiptir líka máli hvernig meðferð er á landinu innan hvers landnýtingarflokks. Það er t.d. vel þekkt erlendis að kolefnisforði lands í ræktun getur bæði aukist og minnkað eftir því hvernig staðið er að ræktuninni. Innan Kyoto bókunar loftslags-samningsins er ríkjum gert kleift að nýta sér breytingar í ræktun (Cropland management) til að binda kolefni til mótvægis við þá losun sem er hjá þeim. Hér á landi hefur þessum þætti lítið verið sinnt, en að öllum líkindum þurfa að verða breytingar þar á á næstu árum, m.a. vegna samstarfs við aðrar Evrópuþjóðir í loftslagsmálum.

Það skiptir líka máli hvernig staðið er að nýtingu lands innan annarra landnýtingarflokka svo sem mólendis og skóga. Uppblástur mólendis veldur t.d. tapi á kolefnisforða þess lands sem blæs upp (Óskarsson et al. 2004). Aðgerðir til að hlúa að landi, sem er að blása upp eða gróðurhula þess hefur skerast, geta leitt til þess að landið lokar sér og kolefnisforði þess aukist og þau bindi þar með kolefni úr andrúmsloftinu.

Hér á eftir verður stuttlega fjallað um einstaka þætti landnýtingar og áhrif þeirra á losun og upptöku gróðurhúsalofttegunda.

3.1.1 Skógar

Með því að rækta skóg á áður skóglausu landi er hægt að auka kolefnisforða þess lands verulega. Mest verður aukningin í lífmassa trjána bæði í ofan og neðanjarðarhlutum. Skógrækt á steinefnajarðvegi hefur sýnt sig að auka kolefnisforða jarðvegsins hér á landi (Snorrason et al. 2003). Breytingar á kolefnisforða skóga eru metnar í sérstakri skógarúttekt (Snorrason and Kjartansson. 2004) þar sem kolefnisforði í völdu úrtaki er mældur með beinum hætti. Skógarúttektin er einnig nýtt til að stilla af mat á flatarmáli ræktaðra skóga. Flatarmál og vöxtur birkiskóga hefur einnig nýlega verið endurmetið. Skógar eru almennt lengi að vaxa og á þeim tíma er kolefnisforði þeirra að aukast. Á einhverjum tímapunkti ná þeir þó jafnvægi í kolefnisforða, þar sem hægt hefur á vexti trjána og niðurbrot kolefnis nær að vega vöxtinn upp. Í ræktuðum skógum eru trén þó oftast höggvin áður en þessu stigi er náð og hefst þá ný vaxtarlota. Afdrif viðarins ræður þá miklu um hver heildaráhrif skógræktarinnar verða gagnvart losun gróðurhúslofttegunda. Ræktaðir skógar á Íslandi eru frekar ungir og almennt er skógarhögg í þeim ekki hafið nema á formi grisjunar.

Nýskógrækt og aukin vöxtur náttúrulegra birkiskóga er í ofangreindum úttektum metin hafa bundið um 297 kt CO₂ árið 2014. Þar ef er binding í ræktuðum skógum 256 kt CO₂ á 40 kha eða 6,4 t CO₂ ha⁻¹ ári⁻¹ og vegna endurvaxtar og útbreiðslu náttúrulegra birkiskóga 41 kt CO₂ á 97 kha eða 0,4 t CO₂ ha⁻¹ ári⁻¹. Heildaráhrif skóga á Íslandi gagnvart losun og upptöku gróðurhúslofttegunda eru þó aðeins minni samkvæmt skilum til loftslagssamningsins. Ekki er í þessum tölum búið að taka tillit til losunar á hláturgasi (N₂O), metani (CH₄) eða taps vegna vatnsborinna kolefnissambanda úr framræstum jarðvegi skóga. Samtals er þessi losun metin á tæp 8 kt CO₂ ígilda og nettó áhrif skóganna því binding á 289 kt CO₂ ígilda. Mat á þeirri losun, sem verður úr framræstum jarðvegi innan skóga er byggt á viðmiðunargildum ráðgjafanefndar loftslagssamningsins (IPCC 2014) og því óvissara en annað mat á áhrifum skóga sem byggt er á beinum mælingum og innlendum rannsóknum.

3.1.2 Mólendi

Gagnvart skilum til loftslagssamningsins er mólendi skipt upp í nokkra undirflokka. Sú skipting ræðst að hluta af þeirri nálgun, sem samningurinn geri kröfu um. Einnig ræður miklu hvaða gögn eru til staðar til að byggja skiptinguna á svo og hvaða aðili heldur utan um viðkomandi landnýtingu. Í heild er mólendi langstærsti landnýtingarflokkurinn hér með um 53% af heildarflatarmáli landsins. Skipting hans í undirflokka eins og hún er í gagnvart umfjölluninni hér er sýnd í töflu 24. Þar er búið að draga saman undirflokka úr skilunum til UN-FCCC til einföldunar.

Tafla 24. Undirflokkar mólendis eins og þeir eru í umfjöllun þessarar samantektar.

Undirflokkur	Flatarmál [kha]		
	Fyrrum votlendi	Annar jarðvegur	Samtals
Almennt mólendi		4.655,0	4.655,0
Óræktað fyrrum votlendi	350,0		350,0
Land áður í ræktun	15,8	30,5	46,3
Land vaxið birkikjarri	0,3	54,8	55,1
Land í uppgræðslu		271,0	271,0
	366,1	5011,3	5377,4

Í yfirstandandi úttekt LbhÍ á landnýtingu og kolefnisforða lands er samkvæmt bráðabirgðarniðurstöðum beit skráð í 47 % allra úttektarpunkta í því landi sem flokkað er sem mólendi.

3.1.2.1 Almennt mólendi

Þetta er langstærsti hluti þess lands, sem flokkað er til mólendis í skilunum til loftslagssamningsins. Mat á flatarmáli þessa undirflokks er byggt á úrvinnslu tiltækra landfræðilegra gagna (Gudmundsson et al. 2013).. Mikilvægust þeirra gagna eru niðurstöður úr fjarkönnun, sem unnin var í verkefninu „Nytjaland“ (Gísladóttir et al. 2014). Innan mólendis er allt gróið land með meira en 20% þekju æðplantna og ekki er skilgreint sem skógur, votlendi eða búsetuland. Innan þessa flokks er því mög fjölbreytt land bæði m.t.t. gróðurfars og gróðurþekju t.d. vel gróið og frjósamt graslendi, illa farinn og rýr mói, hálfgrónir melar, svæði að mestu vaxin mosa, og kjarrlendi.

Í skilunum til loftslagssamningsins er hvorki gert ráð fyrir bindingu eða losun úr þessu landi. Hluti þess lands sem flokkað er sem mólendi er með virku rofi þar sem gróður hopar og jarðvegur að blása upp. Úttekt á jarðvegsrofi hér á árunum 1991-1996 sýndi glögglega umfangsmikið jarðvegsrof víða á landinu (Arnalds et al. 1997). Þessi úttekt sýnir víðfeðm rofsvæði og gera má ráð fyrir að á þessum svæðum sé að tapast/hafi tapast kolefni vegna minnkandi gróðurhulu, lækkunar á kolefnisinnihaldi jarðvegs og beinu tapi á jarðvegi. Önnur gögn (Epstein et al. 2002) sýna að á árunum 1982-2010 var aukning í grænmassa á landinu. Frekari greining þeirra gagna sýnir að síðan 2002 (2002-2013) eru svæði þar sem grænmassi er að minnka á um þrefalt stærri, en þau svæði þar sem hann er að aukast á (Raynolds et al. 2015). Ekki hefur verið reynt að meta hvað þessar breytingar hafi í för með sér mikla aukningu eða tap á kolefnisforða viðkomandi lands. Í skilum til UN-FCCC hefur þetta verið metið sem svo að þessi þættir vegi að mestu hvern annan upp og því hvorki binding né losun á landi sem fellur undir „almennt mólendi“.

Rofkortlagning árána 1991-1996 sýndi að af grónu landi (hálfgróið til vel gróið) voru 9,5% án einhvers rofs (rofflokkur 0), 64,7 % voru með litlu eða minniháttar rofi (rofflokkar 1 og 2), og 25,6 % voru með töluverðu, miklu eða mjög miklu rofi (rofflokkar 3, 4 og 5) (Arnalds et al. 1997).

Ef þessar niðurstöður eru yfirfærðar, með öllum fyrirvörum um breytt ástand úthaga, á það land, sem í skilum til loftslagssamningsins er flokkað sem almennt mólendi, þá má gera ráð fyrir að um 3.000 kha séu með litlu eða minniháttar rofi og um 1.200 kha með töluverðu, miklu, eða mjög miklu rofi. Í leiðbeiningum loftslagssamningsins (IPCC 2006) er miðað við að land í slæmu ástandi (Moderately degraded grassland) þá tapist um 5% kolefnis úr jarðvegi á hverju ári og land sem er í mjög slæmu ástandi (Severely degraded) tapi árlega 30% af jarðvegskolefni sínu. Magn af jarðvegskolefni í landi með mismiklu rofi í hefur ekki verið metið en úrvinnsla þeirra gagna, sem safnað hefur verið í yfirstandandi úttekt LbhÍ (Gudmundsson et al. 2010) gæti bætt þar úr. Kolefnisforði í efstu 30 cm jarðvegs er samkvæmt bráðabirgða niðurstöðum 90,5 t C ha⁻¹ að meðaltali í öllum úttektarpunktum innan almenns mólendis. Ef miðað er við að land sem er með litlu eða minniháttar rofi hafi þegar tapað 10% af því kolefni má gera ráð fyrir að eftir séu 81,5 t C ha⁻¹ í efstu 30 cm jarðvegs á því landi. Innan þeirra svæða sem flokkuð eru sem almennt mólendi og gróðurhulan er hvað rýrust þá eru samkvæmt þessum sömu gögnum er kolefnisforðinn í efstu 30 cm jarðvegsins að jafnaði 26,0 t C ha⁻¹. Niðurstöður útreikningar á því kolefnistapi, sem búast má við út frá þessum forsendum eru dregnar saman í töflu 25. Þessar niðurstöður benda til þess að um mjög mikið tap á kolefni geti tengst jarðvegsofni eða 21.600 kt C ári⁻¹.

Tafla 25. Áætlun á kolefnistapi úr almennu mólendi miðað við að virkt rof sé í öllu rofnu landi. Flatarmál innan almenns mólendis áætlað út frá rofkortlagningu árána 1991-1996 (Arnalds et al. 1997).

	Flatarmál [kha]	Hlutfallsleg breyting á kolefnisforða*	Kolefnis forði 0-30 cm jarðvegs [t C ha ⁻¹]**	Kolefnistap [kt C ári ⁻¹]
Rofflokkun				
Ekkert rof (0)	446,3	1,00	90,5	0
Lítið/minniháttar	3.015,9	0,95	81,5	12.300
Alvarlegt (3,4,5)	1.192,8	0,70	26,0	9.300
Samtals	4.655,0			21.600

Í yfirstandandi úttekt LbhÍ eru samkvæmt bráðabirgða niðurstöðum 30% úttektarpunkta innan almenns mólendis skráðir með rofdíla. Virkir rofdílar eru metnir 62%, stöðugir 23% og 15% eru taldir vera að lokast (LbhÍ óbirt gögn). Í landi þar sem þekja rofdíla er minni en 10% eru 50% metnir virkir, 29% stöðugir og 21% að lokast. Í því landi sem þekja rofdíla er meiri en 10% eru 83% virkir, 12% stöðugir, og 5% að lokast. Í töflu 26 eru þessi hlutföll yfir færð á flatarmál almenns mólendis. Mikilvægt er að hafa það í huga að með þessari aðferð er ekki verið að meta sama hlutinn og gert var í rofkortlagningu árána 1991-1996. Þar var ástand lands flokkað með tilliti til margra rofforma og mun stærri eininga en eru notaðar í yfirstandandi úttekt LbhÍ. Niðurstöðurnar varðandi mat á flatarmáli er því ekki hægt að bera saman.

Tafla 26. Skipting almenns mólendis m.t.t. rofdíla, þekju þeirra og ástands samkvæmt yfirstandandi úttekt Lbhí.

Flatarmál [kha]	Samtals	Virkt rof í dílum	Dílar stöðugir	Dílar að lokast	Virkt rof umfram lokun
Með rofdílum	1412	871	321	220	651
Rofdílar < 10%	924	466	261	197	269
Rofdílar >10%	487	405	60	23	381

Með því að nota þessar tölur og IPCC stuðla fyrir tap á kolefni úr hnignuðu landi er hægt að leggja mat á heildarlosun, sem gæti verið úr þessu landi. Í töflu 27 er dregið saman mat á þessari losun út frá mismunandi forsendum. Í fyrsta lagi er allt mólendi með rofdílum í metið eins (dálkur: „almennt mólendi með rofi í“). Í öðru lagi er því mólendi, sem rofdílar eru í skipt niður eftir því hvort þekja rofdíla er meiri eða minni en 10% þekja og mismunandi kolefnismagn í jarðvegi áætlað fyrir þá skiptingu. Mat fyrir þessa mismunandi þekjuflokka af rofdílum er svo lagt saman. Í þriðja lagi er gengið út frá mismunandi árlegu kolefnistapi og miðað við stuðla IPCC fyrir lítið (5% tap) og mikið (30% tap) hnignað land. Í fjórða lagi er tekið tillit til mismunandi skiptingu lands m.t.t. ástands rofdíla.

Tafla 27. Mat á kolefnistapi vegna rofdíla. Útskýringar í texta.

	Almennt mólendi með rofi í	Rofdílar < 10%	Rofdílar >10%	Samtal > 10% og < 10%
Kolefni í jarðvegi 0-30 cm [t C ha⁻¹]	81	81	26	
Samtals kha	1.412	924	487	
C tap (5%) á ári [kt]	5.748	3.764	633	4.398
C tap (30%) á ári [kt]	34.491	22.586	3.800	26.386
Virkt rof í dílum [kha]	871	466	405	
C tap (5%) á ári [kt]	3.545	1.898	526	2.424
C tap (30%) á ári [kt]	21.271	11.387	3.155	14.542
Virkt rof umfram lokun [kha]	651	269	381	
C tap (5%) á ári [kt]	2.650	1.096	496	1.592
C tap (30%) á ári [kt]	15.898	6.578	2.975	9.553

Mikill munur er á áætluðu kolefnistapi úr því landi, sem rofdílar eru í eftir hvaða forendum er gengið út frá. Mest er tapið metið ef miðað er við að allt land sem rofdílar eru í teljist alvarlega hnignað og því eigi 30% árlegt tap við um það land. Samkvæmt því þá tapast 34.491 kt C á hverju ári. Minnst er tapið ef aðeins er reiknað 5% tap á flatarmál lands með virku rofi í dílum sem er umfram flatarmál þess lands þar sem dílar eru að lokast í. Þá er gengið út frá að þessi þættir vegi hvern annan upp. Miða við þessar forsendur tapast 1.592 kt C á ári.

Hlynur Óskarsson o.fl. (Óskarsson et al. 2004) áætluðu heildartap kolefnis vegna tapaðs jarðvegs hér á landi um 120-500 milljónir t C, eða 120.000 – 500.000 kt C. Árlegt tap vegna taps úr rofabörðum var þar metið 50-100 kt C ári⁻¹ miðað við að 232 ha tapist á ári. Í mati á losun vegna þessa taps á kolefni úr jarðvegi var gengið út frá því að helmingur þess brotnaði niður. Afgangurinn var metið að settist fyrir í öðrum jarðvegi eða sem set í vötnum eða hafi.

Miðað við þetta þá losna frá 2.919 til 63.233 kt CO₂ á ári vegna taps úr dílarofnu landi. Áætlað heildarmagn kolefnis í núverandi þurrlendisjarðvegi hér er metið 760.000 kt C (Óskarsson et al. 2004) og er þetta árlega tap vegna dílarofs því af stærðargráðunni 0,2-4,5 % af þeim forða. Ef miðaða er við heildar flatarmál rofins lands (Arnalds et al. 1997) og áætlun á kolefnistap úr því (Tafla 25) tapast 2,8 % kolefnisforða þurrlendisjarðvegs árlega.

Á svæðum þar sem gróður hefur tapast af hluta landsins er sá jarðvegur, sem var undir gróðrinum oft enn til staðar að hluta til eða miklu leyti. Gera má ráð fyrir að niðurbrot þess kolefnis, sem þar er haldi áfram. Þar sem gróðurinn á þessum svæðum er horfinn, kemur ekki neitt kolefni inn á móti, og búast má við að kolefnisforðinn minki smá saman í takt við niðurbrotið. Svæði með rofdílum í geta þannig líka verið að tapa kolefni þó svo jarðvegur í dílunum sé enn til staðar. Í hluta þess lands sem er með rofdílum eru þeir að lokast. Flatarmáli þeirra svæða innan almenns mólendis þar sem engin gróðurhula er til staðar en jarðvegur stendur eftir að miklu eða verulegu leyti er hægt að meta útfrá gögnum úr yfirstandandi úttekt LbhÍ. Í heild eru þessi svæði (moldir) áætluð samtals 175 kha. Ef gengið er út frá því að þetta land teljist í mjög slæmu ástandi og að tap úr því sé 5% af kolefnisforða árlega, þá gæti losun úr slíku landi verið um 227 kt C og um 417 kt CO₂ losnað miðað við það þá séu 26 t C ha⁻¹. Þess ber að geta að þessi svæði skarast að einhverju leiti við rofdílasvæðin.

Áfok og gosaska, sem fellur á jarðveg veldur jarðvegsþykkun. Á grónu landi safnast kolefni smá saman í þennan viðbótarjarðveg. Ef miðað er við að þessi þykkun sé að jafnaði 0,2 mm á ári á öllu landinu og að jarðvegurinn nái 3% C innihaldi og rúmþyngd hans sé 0,8 g cm⁻³ má búast við að þessi aukning á kolefnisforða nemi um 223 kt C á ári í öllu almenna mólendinu. Sem svarar til upptöku á 819 kt CO₂.

Það hefur verið sýnt fram á að beitarfriðun getur aukið styrk C í jarðvegi (Arnalds et al. 2000). Árleg binding beitarfriðaðra svæða getur samkvæmt þeirri úttekt numið allt að 0,63 t C ha⁻¹ ári⁻¹.

Kolefnisforði í jarðvegi hér er víða lægri en jarðvegsgerð og eiginleikar gefa til kynna að gætir verið miðað við sambærilegan jarðveg. Af þessum ástæðum er talið að jarðvegurinn geti hýst meira kolefni en hann er að gera í dag. Hækkun á kolefnisforða í jarðvegi almenns mólendis gæti leitt til umtalsverðar upptöku á kolefni eða allt að 0,15 t C ha⁻¹ ári⁻¹ (Arnalds 2007). Þá er miðað við að C % hækki um allt að 3 í efstu 10 cm jarðvegs og sú hækkun taki 100 ár. Þessi aukning gæti náð til alls þess lands er í framför. Hvert heildarflatarmál lands í framför er á landinu í heild, hefur ekki verið metið svo vitað sé. Hins vegar má styðjast við mat á virkum rofdílum í úttekt LbhÍ, og meta allt annað land en það sem er með virkum rofdílum, sé land í framför. Miðað við ástand lands eins og það var metið í rofkortlagningunni þá er þetta líkast til mjög ríflegt ofmat á flatarmáli land sem forðinn gæti verið að aukast í við núverandi ástand. Samkvæmt því mati eru um 18 % mólendisins með virkum rofdílum. Binding kolefnis vegna þessa þáttar gæti því numið um 2.100 kt CO₂ ári⁻¹ í um 3.800 kha lands

Í töflu 28 er mat á ofangreindum þáttum dregið saman. Ekki er réttlæt看legt með neinum hætti að leggja þessa þætti saman því veruleg skörun getur verið á milli þeirra.

Tafla 28. Samantekið mat á mögulegri losun og upptöku kolefnis í almennu mólendi. Einstaka matsþættir geta skarast verulega. Útskýringar á matsaðferðum í texta.

Matsþættir	Heildar flatarmál [kha]	Tap kolefnis [kt C ári ⁻¹]	Losun CO ₂ [kt CO ₂ ári ⁻¹]
Rofið land (rofkortlagning)	4.209	21.600	39.574
Rofdílar (IGLUD) 1 (mat 1)	1.412	4.398	8.063
(mat 2)		34.419	63.102
Rofdílar (IGLUD) 2 (mat 1)	871	2.424	4.444
(mat 2)		21.271	38.997
Rofdílar (IGLUD) 3 (mat 1)	651	1.592	2.919
(mat 2)		15.898	29.146
Rofabörð (Óskarsson et al 2004)	0,232	75	137,5
Moldir (IGLUD)	175	227	416
Jarðvegsþykkun	4.655	-223	-819
Möguleg hækkun á styrk C í jarðvegi	3.800	-568	-2.082

Við niðurbrot á lífrænu efni við loftaðar aðstæður þá losnar einnig það köfnunarefni sem er í því efni. Þar með eru skilyrði til myndunar á hláturgasi (N₂O) fyrir hendi. Þannig má gera ráð fyrir að þeirri losun, sem er á CO₂ úr mólendinu fylgi einnig losun á hláturgasi. Ekki er lagt neitt mat á þessa losun hér en ef C:N hlutfall þess efnis sem brotnar niður er 30, gæti N₂O losun numið um 5% af losun CO₂ vegna sama niðurbrots.

Einnig er rétta að hafa í huga að aukning í kolefnisforða kallar á að nægt köfnunarefni o.fl. næringarefni séu til staðar til að stand undir þeirri aukningu.

3.1.2.2 Samantekt á losun úr almennu mólendi

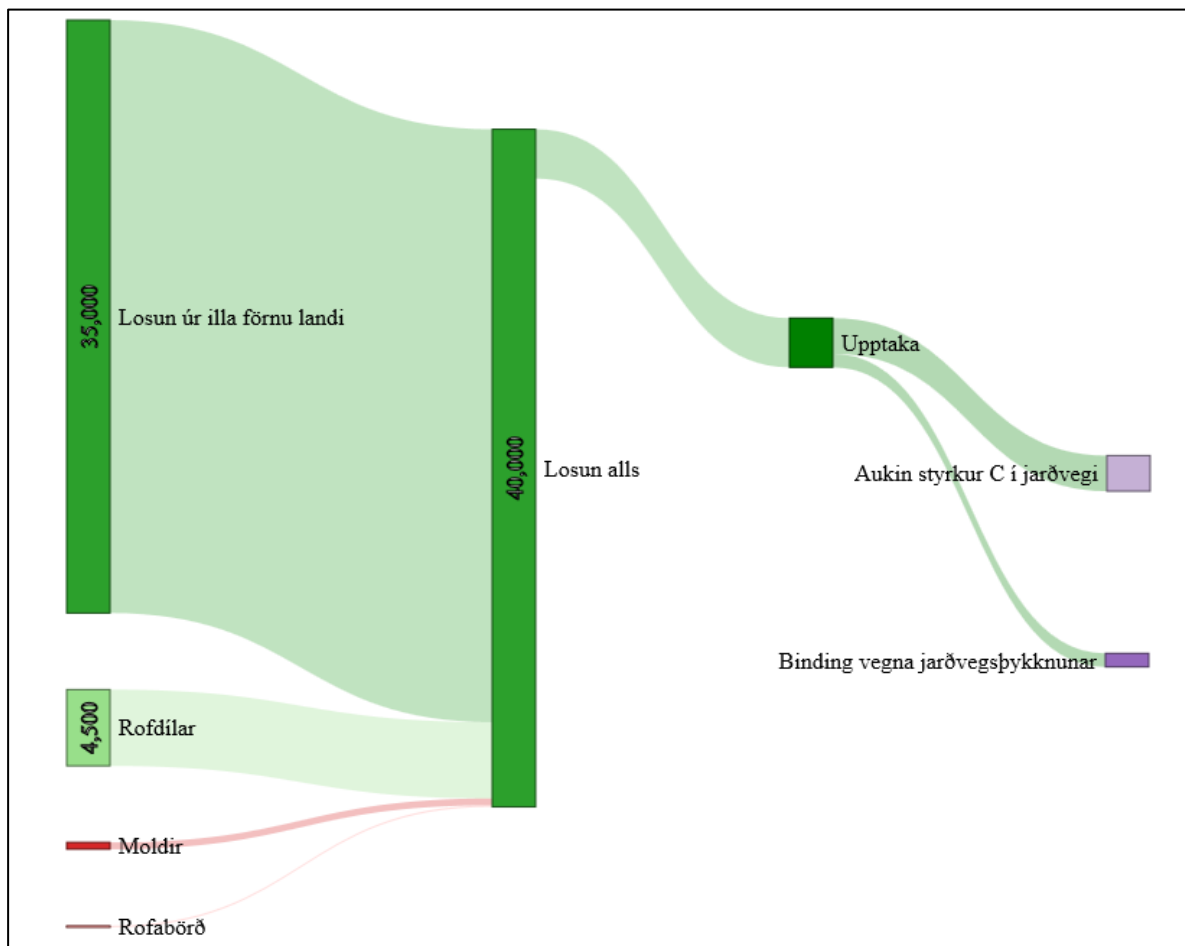
Til einföldunar á umfjölluninni hér að ofan má segja að tvö einföld ferli séu í gangi. Annars vegar er tilflutningur á jarðvegi annað hvort burt af landinu með rofi, eða inn á það með áfoki. Hins vegar er svo losun eða binding kolefnis fyrir tilverknað gróðurs og örvera. Á mynd 10 eru þessi ferli sett fram ásamt viðkomandi mati á stærðargráðu hvers ferlis. Miðaða við möguleika sem settir eru fram í töflu 28 gæti almenna mólendið verið, að losa frá um 400 kt CO₂ á ári yfir í 60.500 kt CO₂ á ári, allt eftir hvaða mat er valið fyrir tap vegna rofs og illa farins lands. Mikil óvissa er í öllu þessu mati og ber ekki að leggja of mikið út af þessum tölum annað en að það sé fyllsta ástæða til að bæta matið á öllum þáttum.

Hver staðan er núna á almenna mólendinu liggur ekki ljóst fyrir eins og rætt er hér að framan. Mögulega eru hér á ferðinni mjög stórar tölur í losun og eða upptöku kolefnis.

Með það í huga hve stóran hluta landsins almennt mólendi nær yfir og óvissu í mati á því hvort og hve mikið kolefni er að losna eða bindast, er mjög mikilvægt að stoppa í það gat. Það er því mikilvægt að ná betur utan um hve mikið af kolefni er að tapast úr mólendi vegna jarðvegsrofs og hve mikið safnast fyrir vegna áfoks. Einnig er mikilvægt að meta ástand almenns mólendis m.t.t. upptöku og losunar í gegnum gróður og niðurbrotsörverur.

Mikilvægt er einnig í þessu samhengi að aðgreina betur milli landsvæða sem eru nýtt til beitar og hinna sem ekki eru beitt svo neinu nemi.

Á Mynd 10 er dregin upp ein möguleg sviðsmynd af ástandi almenns mólendis m.t.t. losunar og upptöku CO₂. Í þeirri sviðsmynd er gengið út frá eftirfarandi forsendum; í fyrsta lagi að heildartap á kolefni sé eins og metið er út frá rofkortlagningu áráanna 1991-1996 og IPCC stuðlum fyrir tap úr mismikið hnignuðu landi. Þetta tap er áætlað í töflu hér að ofan (Tafla 25), í öðru lagi er miðað við að tap úr rofdílum sé 5 % af kolefnisforða og flatarmál slíkra svæða sé eins og metið er út frá úttekt LbhÍ fyrir virka rofdíla (Tafla 28 ; „Rofdílar (IGLUD) 2 (mat 1)“), í þriðja lagi er gengið út frá að tap vegna rofabarða sé eins og það var metið af Hlyni Óskarssyni o.fl. (Óskarsson et al. 2004), í fjórða lagi er gengið út frá að tap úr svæðum þar sem gróður er farinn en jarðvegur stendur að miklu eftir (moldir) sé eins og metið er hér að ofan (Tafla 28), í fimmta lagi er miðað við að helmingur þess kolefnis sem tapast sé brotið niður og endi sem CO₂, að endingu er gengið út frá því að upptakan vegna jarðvegsþykkunar og hækkunar á kolefnisstyrks jarðvegs sé eins og metið er hér að ofan.

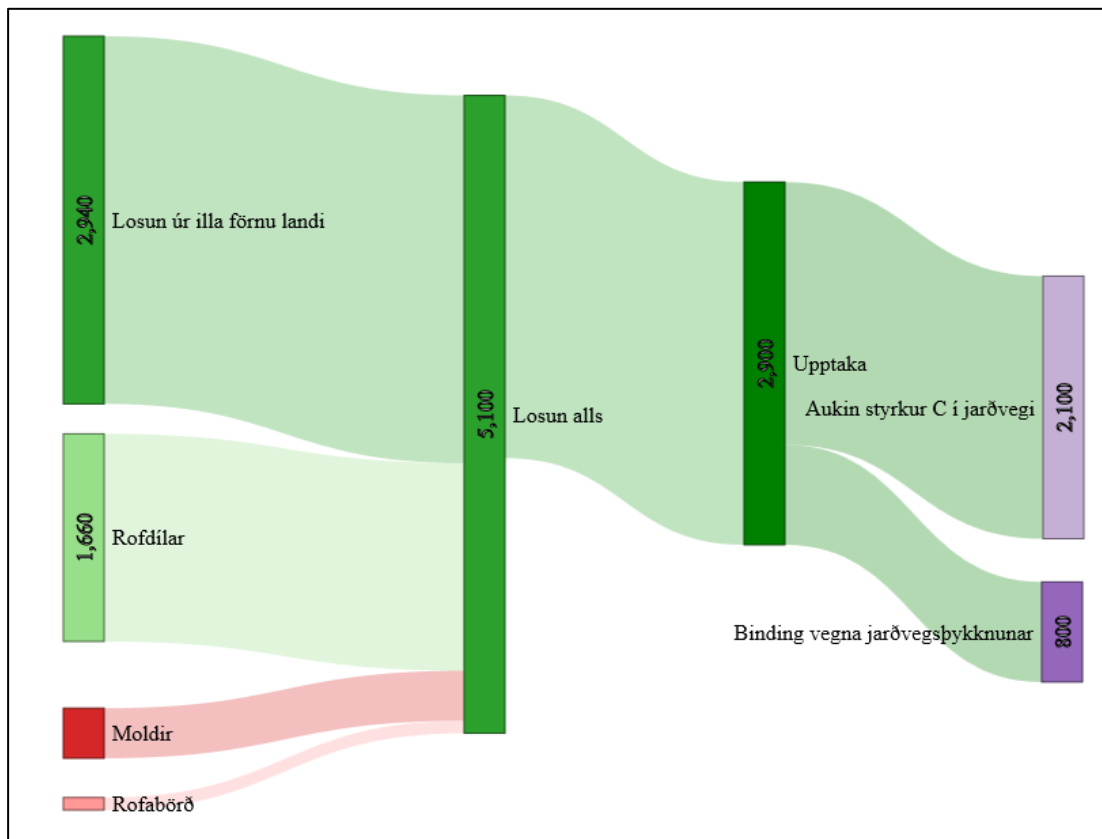


Mynd 10. Sviðsmynd 1 af losun og upptöku CO₂ í almennu mólendi. Útskýringar á sviðsmynd eru settar fram í texta. Tölur sem ekki koma fram á mynd eru í töflu 29 (Ath: (,) skilur að þúsund)

Tafla 29 Samantekt á tölum sem notaðar eru í sviðsmyndum 1 og 2

Losunar/bindipáttur	Losun (+) binding (-) kt CO ₂ Sviðsmynd 1	Losun (+) binding (-) kt CO ₂ Sviðsmynd 2
Losun úr illa fögnu landi	35.000	2.940
Tap úr rofdilum	4.500	1.660
Moldir	420	420
Rofabörð	140	140
Aukin styrkur C í jarðvegi	-2.100	-2.100
Binding vegna jarðvegsþykkunar	-820	-820
Nettó jöfnuður	37.140	2.240

Með því að nota stuðal IPCC fyrir tap úr illa fögnu landi þá er verið að gera ráð fyrir mjög mikilli losun árlega á hverja flatareiningu eða frá 4-7,8 t C ha⁻¹. Slík árleg losun fær vart staðist miðaða við samsetningu þess kolefnis, sem er að brotna niður. Önnur sviðsmynd byggð á öðrum forsendum er sett fram í mynd 11. Forsendur þessar sviðsmyndar eru; að einungis 1 % af kolefni í efstu 30 cm jarðvegs tapist árlega úr illa fögnu landi, að 1% tapist úr landi með þekju rofdíla minna en 10%, og 5% tapist úr verst farna landinu (> 10% þekja rofdíla). Aðrir þættir eru eins og í fyrri sviðsmyndinni



Mynd 11 Sviðsmynd 2 af losun og upptöku CO₂ í almennu mólendi. Útskýringar á sviðsmynd eru settar fram í texta. (Ath: (.) skilur að þúsund)

Sú mynd sem teiknast út frá þessum forsendum er verulega frábrugðin fyrri sviðsmyndinni og munar verulega á losun. Annars vegar eru að losna um 40.000 kt CO₂ á ári og hins vegar 5.100 kt CO₂ á ári. Þessi mikli munur sýnir vel hve mikilvægt er að styrkja mat á losun frá rofnu og illa fögnu landi.

3.1.2.3 Framræst votlendi

Langmikilvægasti einstaki þáttur landnotkunar hvað varðar losun gróðurhúsalofttegunda eins og hún birtist í skilum til UN-FCCC, er framræst votlendi í úthaga. Jarðvegur gróinna votlenda er almennt séð mjög auðugur af lífrænum efnum. Þessi lífrænu efni hafa safnast fyrir í votlendunum frá því þau mynduðust. Uppsöfnunin verður fyrst og fremst vegna þess hve hægt niðurbrot þeirra plöntuleyfa, sem falla til gengur fyrir sig. Há vatnsstaða í jarðvegi votlenda gerir það að verkum að súrefni berst mjög hægt niður í jarðveginn og er hann því mjög súrefnissnauður nema allra efstu sentímetrarnir. Lágt hitastig á norðurslóðum hægir einnig á niðurbroti lífræna efna í votlendum.

Vegna þessara aðstæðna endar niðurbrot lífrænna efna í votlendum að verulegum hluta til sem metan (CH₄) sem er öflug GHG. Í útreikningum á losun metans úr votlendum er miðað við losunarstuðul ráðgjafanefndarinnar, sem er 137 kg CH₄-C ha⁻¹ ári⁻¹ (IPCC 2014). Innlendar mælingar annars vegar á mýrum á láglandi og hins vegar í hálendismýri gefa til kynna að losun hér sé mjög sambærileg (Tafla 30) (Óskarsson and Guðmundsson 2008; Guðmundsson 2009).

Votlendin eru í heild að binda kolefni vegna þess að upptaka gróðurs er meiri en sem nemur niðurbroti lífrænna efna. Að meðaltali er reiknað með að það bindist um 0,55 t C ha⁻¹ ári⁻¹ í grónum votlendum (IPCC 2014).

Hluti þeirrar losunar frá votlendum er vegna kolefnis, sem er uppleyst og á formi lífrænna agna í jarðvegvatni. Þetta kolefni fer að hluta burt með því vatni, sem rennur frá votlendunum og brotnar niður annars staðar og veldur losun þar. Mat IPCC er að 0,08 t C ha⁻¹ ári⁻¹ losni með þessum hætti úr votlendum og 0,12 t C ha⁻¹ ári⁻¹ frá framræstum votlendum (IPCC 2014).

Losun metans úr votlendum gerir það hins vegar að verkum að heildarjöfnuður þeirra í losun gróðurhúsalofttegunda er neikvæður um 2,8 t CO₂ ígildi ha⁻¹ ári⁻¹, þ.e.a.s. þau eru að losa gróðurhúsalofttegundir í þeim mæli að þau valda hlýnun. Ástæðan er að hvert gramm af metani, sem losnar í andrúmsloftið hefur 25-sinnnum meiri áhrif til hlýnunar en gramm af CO₂.

Við framræslu votlenda þá breytast aðstæður í jarðvegi þeirra á þann veg að súrefni á mun greiðari aðgang niður í jarðveginn. Niðurbrot lífrænna efna verður því mun hraðara og kolefni lífrænu efnasambandanna, sem brotin eru niður endar sem CO₂.

Í neðri lögum jarðvegsins ríkja áfram súrefnissnauðar aðstæður og þar endar niðurbrotið eftir sem áður að hluta sem CH₄. Það metan er hins vegar á leið sinni upp að yfirborði jarðvegs oxað að mestu í CO₂. Við framræslu dregur því verulega úr losun CH₄, þó breytilegt eftir hve þurrkun jarðvegs nær langt niður. Einnig er losun á CH₄ úr skurðunum sjálfum, en vatnsstaða í jarðvegi í þeim er lík því, sem er í votlendum.

Við framræslu verður niðurbrot lífræna efna meira en uppsöfnun þeirra. Því losnar um það köfnunarefni, sem bundið er í þessum lífrænu efnum. Það köfnunarefni er í orkuríkum sameindum, sem eins og áður er líst (bls. 15), leiðir til myndunar á hláturgasi (N₂O).

Framræslan veldur í heild verulegri aukningu á losun gróðurhúsalofttegunda miðað við óframræst votlendi.

Miðað við losunarstuðla loftlagssamningsins (IPCC 2013) er losun GHG úr framræstum votlendum 27,3 t CO₂ íg ha⁻¹ári⁻¹, sem er aukning um 24,5 t CO₂ íg ha⁻¹ári⁻¹ frá því sem er í óframræstum votlendum. Þetta gildir ef framræslan er óræktuð.

Tafla 30. Samburður viðmiðunargilda IPCC og innlendra mælinga á losun úr votlendum og óræktuðum framræstum votlendum.

Losunarpáttur	Votlendi		Framræst votlendi	
	IPCC ¹⁾	Innlendar mælingar	IPCC	Innlendar mælingar
CO ₂ um yfirborð [t C ha ⁻¹]	-0,55		5,7	5,6 ²⁾
CO ₂ frá vatnsbornu C [t C ha ⁻¹ ári ⁻¹]	0,08		0,12	
CH ₄ um yfirborð [kg CH ₄ -C ha ⁻¹ ári ⁻¹]	137	150 ³⁾ , 63-98 ⁵⁾	1,1 ⁴⁾	3.1 ³⁾
CH ₄ úr skurðum [kg CH ₄ -C ha _{skurða} ⁻¹ ári ⁻¹]			1165	
N ₂ O um yfirborð [kg N ₂ O-N ha ⁻¹ ári ⁻¹]	0	0,04 ³⁾	9,5	0,54 ³⁾
Samtals [t CO ₂ íg ha ⁻¹ ári ⁻¹]	2,8	3,3	27,3	22,8
Mismunur IPCC og innlendra mælinga		0,5		-4,5
Framræst – votlendi mesti munur	24,5			
Framræst – votlendi minnsti munur	19,5			
¹⁾ (IPCC 2014)				
²⁾ (Guðmundsson and Óskarsson 2014)				
³⁾ (Guðmundsson 2009)				
⁴⁾ IPCC gildi umreiknað í kg CH ₄ -C ha ⁻¹ ári ⁻¹				
⁵⁾ (Óskarsson and Guðmundsson 2008)				

Innlendar mælingar á losun GHG frá framræstum svæðum eru í ágætu samræmi við þá losunarstuðla, sem ráðgjafarnefndin metur (IPCC 2014) fyrir CO₂ losun. Það gildi sem IPCC leggur til er 5,7 t C ha⁻¹, innlendar mælingar sýna losun frá 3,97-8,25 eða 5,59 t C ha⁻¹ (Guðmundsson and Óskarsson 2014). Innlendra mælinga sýna mun minni losun N₂O, en IPCC gerir ráð fyrir, eða 0,54 kg N₂O-N ha⁻¹ ári⁻¹ (Guðmundsson 2009) á móti 9,5 kg N₂O-N ha⁻¹ ári⁻¹ (IPCC 2014).

Ef miðað er við alla þessa innlendu stuðla reiknast heildarlosun gróðurhúsalofttegunda frá framræstum votlendum 22,8 t CO₂ ígildi ha⁻¹ári⁻¹, og frá votlendum 3,3 t CO₂ ígildi ha⁻¹ári⁻¹. Aukningin í losun við framræslu votlenda er því um 19,5 t CO₂ ígildi ha⁻¹ ári⁻¹.

Heildarlosun frá framræstum votlendum, sem flokkuð eru sem mólendi er metin annars vegar úr frá mati á losun á flatareiningu og hins vegar út frá mati á flatarmáli slíkra svæða. Í skilum til loftslagssamningsins er þetta flatarmál metið sem 366,1 k ha (Tafla 23). Af því eru 350 kha metnir, sem óræktað land, 15,8 kha eru land, sem áður hefur verið í ræktun, en ekki lengur nýtt

sem slíkt, og 0,3 kha eru í landi, sem vaxið er birkikjarri. Flatarmál þessara svæða er metið með mismunandi hætti. Flatarmál óræktaðra svæða er metið út frá kortlagningu skurða og mati á áhrifasvæði þeirra gagnvart loftun jarðvegs í landi sem áður var votlendi. Afmörkun þessara svæða byggist á notkun landfræðilegra upplýsingakerfa (ArcGIS) og margvíslegum landfræðilegum gögnum (þekjum). Í grófum dráttum má lýsa aðferðinni þannig að fyrst séu afmörkuð þau svæði, sem eru innan við 200 m frá einhverjum skurði. Síðan eru klippt frá svæði, sem ekki eru talin hafa getað verið votlendi eða viðkomandi skurður geti haft áhrif á. Þetta eru t.d. svæði þar, sem landhalli er meiri en 10°, og svæði þar, sem lítil eða engin gróðurhula er til staðar. Sömuleiðis eru svæði, sem lenda ekki sömu megin við ár og læki og viðkomandi skurður er, skorin frá. Sú ákvörðun að nota 200 m fjarlægð frá skurði er byggð á landfræðilegri greiningu fyrirbyggjandi gagna þar, sem metið var hve langt frá skurðum gætti breyttrar samsetningar landþekjuflokka (Gísladóttir et al. 2007).

Í sumum tilvikum er þessi fjarlægð örugglega ofmat á áhrifasvæðinu, en annarsstaðar er þetta vanmat. Það síðarnefnda á t.d. við þau svæði, sem eru algjörlega umkringd skurðum og meira en 400 m eru á milli þeirra. Þá myndast einskonar eyjur í landinu, sem ekki fá neitt aðstreymi vatns nema með rigningu. Hjá LbhÍ er unnið að því að betrubæta mat á áhrifasvæði skurðanna. Fyrstu niðurstöður benda til þess að 200 m séu fremur ofmat en vanmat. Stærðargráða flatarmálsins kemur samt ekki til með að breytast.

Mat á flatarmáli þess lands, sem áður var ræktað land á votlendisjarðvegi, en hefur verið aflagt sem slíkt, byggir á tímaröðum árlegra breytinga á flatarmáli lands í ræktun, árlegra nýrækta og aflagðra túna, svo og áætluðu hlutfalli hvers þessara liða, sem er á votlendisjarðvegi.

Flatarmál þess lands, sem vaxið er birkikjarri og skipting þess á milli votlendisjarðvegs og annars jarðvegs, er byggt á skógarúttekt Skógræktar ríkisins (Snorrason and Kjartansson. 2004) og sérstöku átaki í kortlagningu birkiskóga árin 2010-2014 (Hellsing et al. 2016).

Heildarlosun vegna óræktaðra framræstra votlenda er því metin frá 8.340 til 9.986 kt CO₂ ígilda ári⁻¹ miðað annars vegar við að nota innlenda stuðla, þar sem þeir eru tiltækir, og hins vegar stuðla frá ráðgjafanefnd loftslagssamnings. Þessi losun er sundurliðuð nánar m.t.t. einstakra losunarþátta í töflunum hér á eftir (Tafla 31, Tafla 32, og Tafla 33).

Tafla 31. Mat á losun frá 350 kha af óræktaðu framræstu landi annars vegar byggt á losunarstuðlum IPCC og hins vegar tiltækum innlendum stuðlum.

Losunar þáttur	Losun GHG [kt GHG] IPCC stuðlar	Losun GHG [kt CO ₂ íg] IPCC stuðlar	Losun GHG [kt GHG] innlendir stuðlar	Losun GHG [kt CO ₂ íg] innlendir stuðlar ¹⁾
CO ₂ um yfirborð	7315,0	7315,0	7186,7	7186,7
CO ₂ frá vatnsbornu C	154,0	154,0	-	154,0
CH ₄ um yfirborð	0,5	11,6	1,4	34,4
CH ₄ úr skurðum	20,4	509,7	-	509,7
N ₂ O um yfirborð	5,2	1557,1	0,3	88,5
Samtals		9547,4		7973,2

¹⁾ Losun byggð á IPCC stuðlum fyrir þá þætti sem innlendir stuðlar fundust ekki

Tafla 32. Mat á losun frá 15,8 kha af framræstu fyrrum ræktuðu landi, annars vegar byggt á losunarstuðlum IPCC og hins vegar tiltækum innlendum stuðlum.

Losunar þáttur	Losun GHJ [kt GHJ] IPCC stuðlar	Losun GHJ [kt CO ₂ íg] IPCC stuðlar	Losun GHJ [kt GHJ] innlendir stuðlar	Losun GHJ [kt CO ₂ íg] innlendir stuðlar ¹⁾
CO ₂ um yfirborð	330,2	330,2	324,4	324,4
CO ₂ frá vatnsbornu C	7,0	7,0	-	7,0
CH ₄ um yfirborð	0,0	0,5	0,1	1,6
CH ₄ úr skurðum	0,9	23,0	-	23,0
N ₂ O um yfirborð	0,2	70,3	0,0	4,0
Samtals		431,0		359,9

¹⁾ Losun byggð á IPCC stuðlum fyrir þá þætti, sem innlendir stuðlar fundust ekki fyrir

Tafla 33. Mat á losun frá 0.3 kha af framræstu landi og vaxið birkiðjarri, annars vegar byggt á losunarstuðlum IPCC og hins vegar tiltækum innlendum stuðlum.

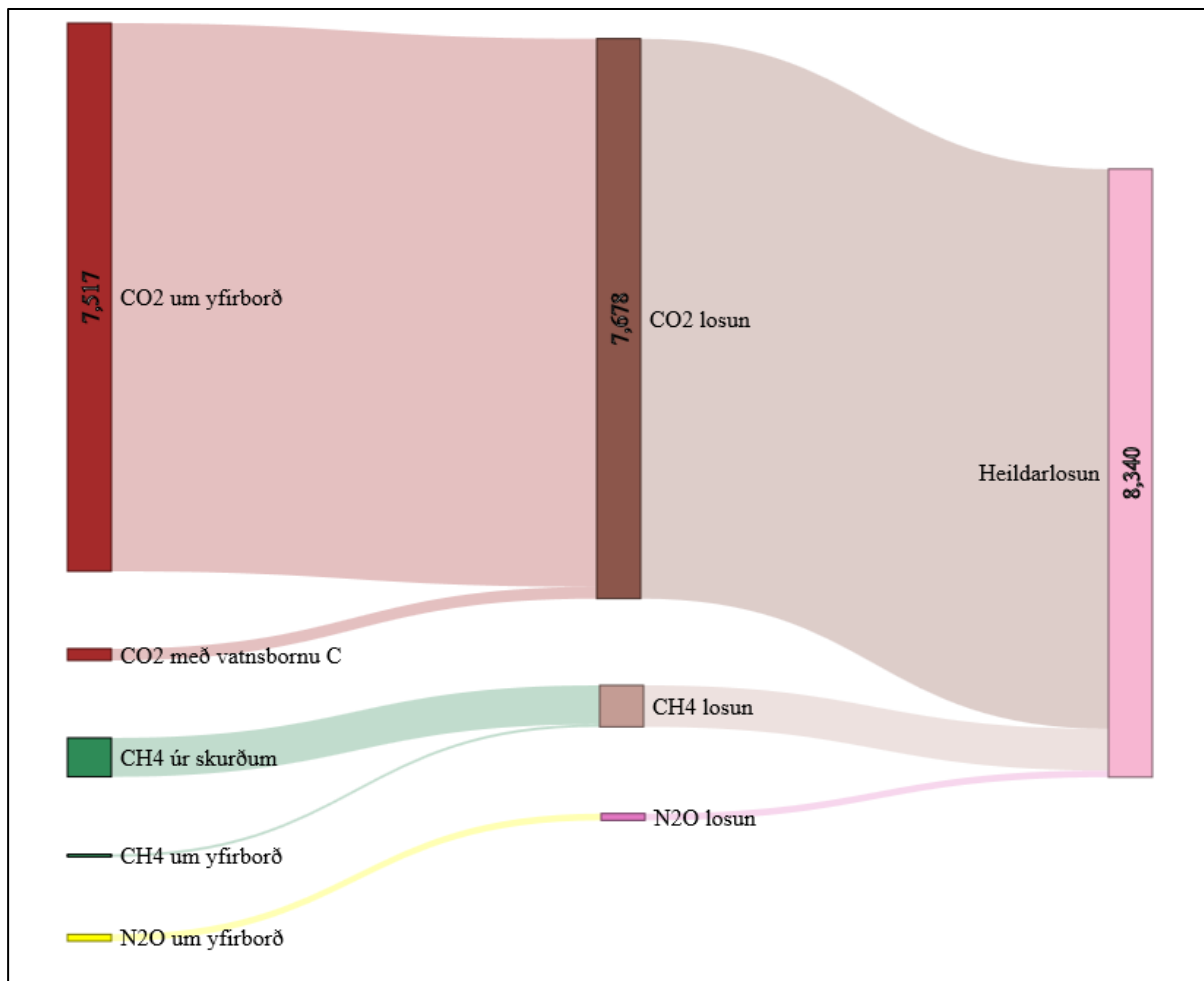
Losunar þáttur	Losun GHJ [kt GHJ] IPCC stuðlar	Losun GHJ [kt CO ₂ íg] IPCC stuðlar	Losun GHJ [kt GHJ] innlendir stuðlar	Losun GHJ [kt CO ₂ íg] innlendir stuðlar ¹⁾
CO ₂ um yfirborð	6,3	6,3	6,2	6,2
CO ₂ frá vatnsbornu C	0,1	0,1	-	0,1
CH ₄ um yfirborð	0,0	0,0	0,0	0,0
CH ₄ úr skurðum	0,0	0,4	-	0,4
N ₂ O um yfirborð	0,0	1,3	0,0	0,1
Samtals		8,2		6,8

¹⁾ Losun byggð á IPCC stuðlum fyrir þá þætti, sem innlendir stuðlar fundust ekki fyrir

Heildarlosun vegna lands, sem flokkað er til mólendis á framræstu landi, er frá 8.340 til 9.987 kt CO₂ ígildi ári⁻¹, eftir hvort miðað er við innlenda losunarstuðla, þar sem þeir eru tiltækir, eða eingöngu er gengið út frá þeim losunarstuðlum, sem ráðgjafahópur loftslagssamningsins (IPCC) leggur til.

Ef horft er til þeirra ferla þ.e. rofs og áfoks, sem eru í gangi í almenna mólendinu og skipta þar verulegu máli, er eðlilegt að kanna hvort það sama á að einhverju leyti við um gróin votlendi. Á rofsvæðum þar sem jarðvegshulan hefur horfið að stórum hluta eru votlendin oft einu svæðin sem standa eftir. Mjög sjaldgæft er að finna rof í yfirborði framræstra votlenda nema þar sem mikið traðk er af völdum beitardýra (oftast hrossa). Hins vegar er algengt að sjá rof í skurðum. Losun, sem tengist því rofi er að einhverju leyti metið út frá tapi úr vatnsbornu kolefni, sem flyst burt af svæðunum. Gera má ráð fyrir að áfok inn á mólendi á framræstum votlendisjarðvegi hafi sömu áhrif og á annað gróið land. Þessi binding er hins vegar ekki aðskiljanleg frá þeirri

heildar losun sem mæld hefur verið frá framræstu landi og því innifalin í þeim stuðlum sem byggjast á mælingunum.

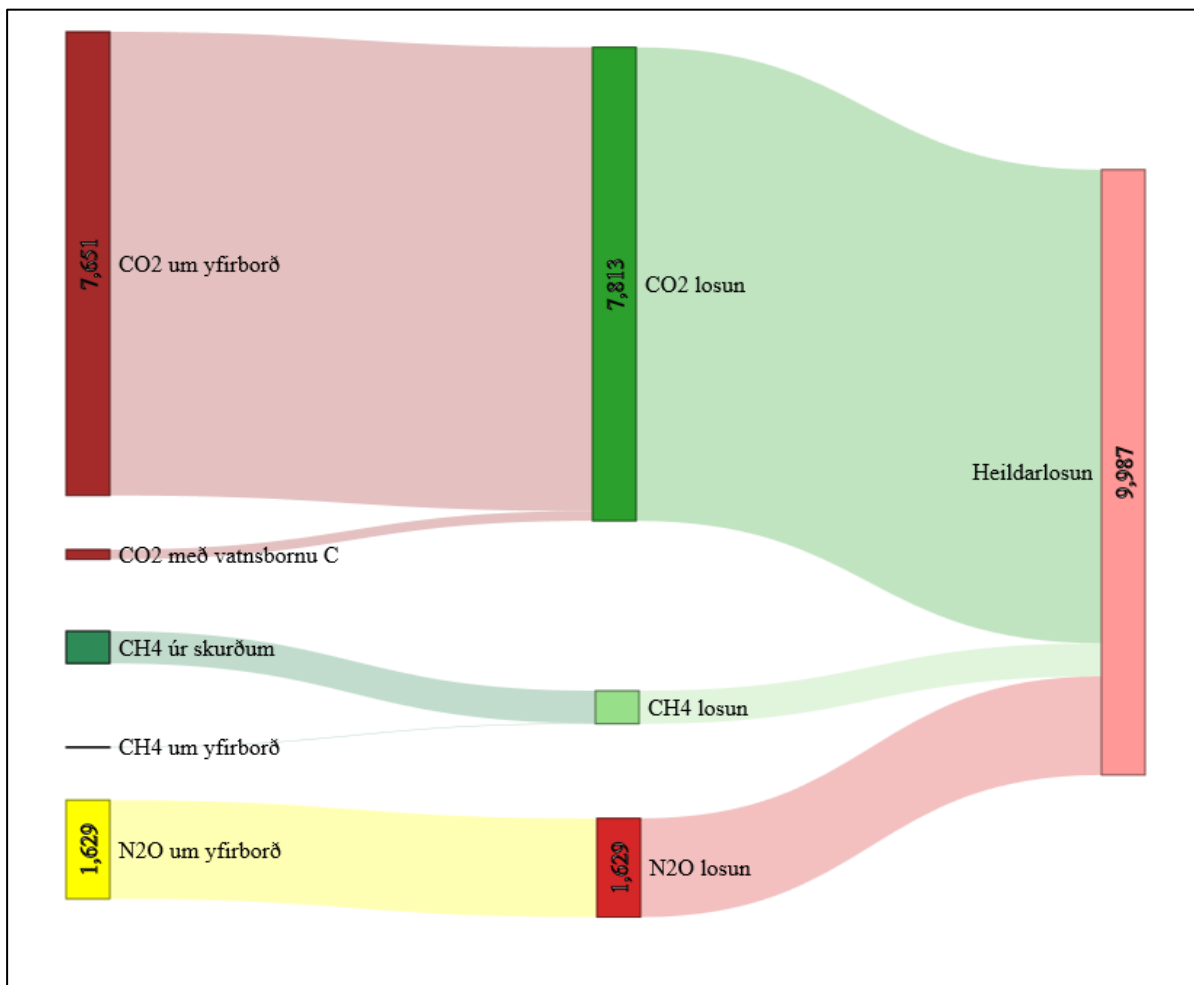


Mynd 12. Samantekt á losun frá framræstum votlendum í mólendi miðað við innlenda stuðla. Hæð súlnanna er í réttu hlutfalli við áætlaða losun í CO₂ ígildum á ári. Losunar þættir eru einkendir með mismunandi lit eftir þeirri gastegund sem losnar ■ CO₂, ■ CH₄, ■ N₂O. (Ath: (,) skilur að þúsund)

Tafla 34 Samantekt á losun frá framræstu landi innan mólendis miðað við innlenda stuðla þar sem þeir eru tiltækir. Taflan sýnir tölugildi á bak við mynd 12

Losunarþáttur	kt CO ₂ ár ⁻¹	kt CH ₄ ár ⁻¹	kt N ₂ O ár ⁻¹	Alls kt CO ₂ ígildi á ári
CO ₂ um yfirborð	7.517			7.517
CO ₂ úr vatnsbornu C	161			161
CH ₄ úr skurðum		1,5		36
CH ₄ um yfirborð		21		533
N ₂ O um yfirborð			0,3	93
Samtals (CO ₂ ígildi)	7678	569	93	8.340

Ef losunin er metin miðað við IPCC stuðla þá breytist myndin dálítið einkum vegna mikils munar á losun N₂O (Mynd 13). Þessi mikil munur dregur mjög skýrt fram mikilvægi þess að hafa sem best innlend gögn að byggja losunarmat á.



Mynd 13. Samantekt á losun frá framræstum votlendum í mólendi miðað við stuðla IPCC. Hæð súlnanna er í réttu hlutfalli við áætlaða losun í CO₂ ígildum á ári. Losunar þættir eru einkendir með mismunandi lit eftir þeirri gastegund sem losnar CO₂, CH₄, N₂O. (Ath: (,) skilur að þúsund)

Tafla 35 Samantekt á losun frá framræstu landi innan mólendis miðað við IPCC stuðla. Taflan sýnir tölugildi á bak við mynd 13

Losunarþáttur	kt CO ₂ ár ⁻¹	kt CH ₄ ár ⁻¹	kt N ₂ O ár ⁻¹	Alls kt CO ₂ ígildi á ári
CO ₂ um yfirborð	7.651			7.813
CO ₂ úr vatnsbornu C	161			161
CH ₄ úr skurðum		0,5		12
CH ₄ um yfirborð		21		533
N ₂ O um yfirborð			5,4	1.629
Samtals (CO ₂ ígildi)	7.678	569	93	8.340

3.1.2.3.1 Breytileiki í losun frá framræstu landi

Í öllu ofangreindu mati á losun, sem rekja má til framræslu votlenda er gengið út frá því að sömu losunarstuðlar gildi fyrir öll svæði innan sama landnýtingarflokks t.d. mólendis. Það má

hins vegar fastlega gera ráð fyrir að mikill breytileiki sé frá einu svæði til annars. Hér verða nefndir nokkrir þættir, sem geta haft áhrif á losunina.

Vatnsstaða:

Hversu nærri yfirborði í framræstum svæðum jarðvegur er vatnsmettaður ræður miklu um losunina, sem verður (Óskarsson 1998). Standi vatn nær yfirborði má búast við því að losun metans aukist og dragi úr losun CO₂. Ef jarðvegur er vatnsmettaður upp fyrir 30-40 cm dýpi má búast við að gæta fari metanmyndunar svo einhverju nemi.

Það eru margir þætti sem geta haft áhrif á það hve hátt vatn stendur í framræstum jarðvegi.

- Fjarlægð frá skurði: Því fjær skurðinum því minna má gera ráð fyrir að hann dragi vatnsborðið niður.
- Aldur skurðar: Við niðurbrot kolefnis í jarðvegi og losun þess í andrúmsloftið minnkar að sjálfsögðu það kolefni, sem eftir er í jarðvegi og jarðvegurinn, sem er að stórum hluta kolefni skreppur saman. Yfirborð framræstra svæða sígur því smátt og smátt. Við það færast yfirborðið nær vatnsborðinu og svæðin blotna upp þ.e.a.s. ef vatnsstaðan breytist ekki af öðrum orsökum svo sem dýpkunar á skurði eða breytinga á aðrennsli vatns.
- Dýpt skurðar: Því dýpri, sem skurður er, því fjær má gera ráð fyrir að hann nái að lækka vatnsborðið nægjanlega til að hafa áhrif á losun. Dýpt skurða getur breyst frá því að þeir eru fyrst grafnir. Landið í kringum þá getur sigið saman og rýrnað vegna losunar á kolefni (sbr. hér að ofan). Vatnsflaumur í skurðinum getur grafið hann niður. Hrun úr skurðbökkum og gróður í skurði geta valdið því að skurðurinn stíflast eða grynnkar.
- Landhalli: Áhrif skurða eru breytileg eftir því hvort land hallar að skurðinum eða frá honum. Land getur jafnvel verið blautt fram á skurðbakka þar sem land hallar að skurði.
- Úrkoma og aðrennsli vatns: Hversu mikil úrkoma er á viðkomandi svæði og hve mikið aðstreymi vatns er inn á það ræður að sjálfsögðu miklu um hvernig vatnsstaðan er í jarðvegi. Af þessum sökum má búast við töluverðum breytileika eftir landsvæðum og staðháttum.

Sveiflur í vatnsstöðu:

Breytingar á vatnsstöðu er einn þeirra þátta, sem getur haft áhrif á losun N₂O (Jansen 2008). Tíðni úrkomu og magn hverju sinni getur því haft veruleg áhrif á losun N₂O.

Jarðvegseiginleikar:

Magn bæði C og N í votlendisjarðvegi hefur áhrif á losun CO₂ (Þorsteinsson 2011). C:N hlutfall og sýrustig jarðvegs eru þættir sem geta haft mikil áhrif á losun N₂O (Bakken et al. 2012).

Gæði lífræns efnis:

Almennt þá hefur það mikil áhrif á hversu hratt niðurbrot lífrænna efna gengur fyrir sig hve mikið er af auðniðurbriótanlegum efnum eins og einföldum kolvetnum í þeim. Eftir því sem lífrænu efni brotna meira niður verður hlutfallslega minna og minna af þessum efnum, og það hægir á heildarniðurbrotinu. Þannig að búast má við að því eldri, sem viðkomandi framleiðsla

er því minni sé losunin. Í gömlum framræslum hér á landi eru efstu lög jarðvegsins að mestu full niðurbrotin og þarf jafnvel að fara niður á 40-50 cm til að finna merkjanlegar plöntuleifar.

Miklu getur skipt að bæta mat á áhrifum þessar þátta á losun úr framræstu landi og jafnframt að skipta því upp m.t.t. þessara þátta.

3.1.2.4 Landgræðsla

Með því að koma til gróðri á gróðurvana eða lítt grónum svæðum eykst kolefnisforði þess lands. Aukningin verður bæði í lífmassa ofan og neðanjarðar, en einnig í kolefnisforða jarðvegsins. Hlutfallslega verður aukningin meiri í kolefnisforða jarðvegsins (90%) (Aradóttir et al. 2000). Við mat á kolefnisbindingu vegna landgræðslu er miðað við að það land, sem grætt er upp hafi áður tapað sínu jarðvegskolefni með uppblæstri eða hann aldrei verið til staðar svo neinu nemi.

Eftir að gróðri hefur verið komið til á áður ógrónu landi heldur kolefnið áfram að safnast í jarðveginum um a.m.k. áratugi ef ekki árhundruð (Arnalds et al. 2000)

Árið 2014 var binding kolefnis á landgræðslusvæðum áætluð 560 kt CO₂ eða að jafnaði 2,1 t CO₂ ha⁻¹ ári⁻¹.

3.1.2.5 Vöxtur kjarlendis

Mælingar Skógræktar ríkisins hafa sýnt að birkikjarr er að aukast bæði að umfangi og kolefnisforða á hverri flatareiningu (Hellsing et al. 2014).

Skýring aukningarinnar liggur ekki ljós fyrir en m.a. hefur verið bent á minni beit en var á níunda áratug síðustu aldar og hlýnandi veðurfar. Einnig kann hluti skýringar að vera að kjarr sé að sækja inn í framræst votlendi. Flatarmál birkikjarrs var metið á árunum 1987-1991, og aftur 2007. Heildarflatarmál birkikjarrs árið 2014 er metið um 56 kha og binding kolefnis vegna þessa þáttar var metin 13,3 kt CO₂ árið 2014 (Hellsing et al. 2014).

3.1.3 Votlendi

Af þeim úttektarpunktum, sem eru innan gróinna votlenda er beit skráð í 53% punktanna. Stór hluti þeirra er samkvæmt því nýttur til beitar. Sú losun sem á sér stað úr votlendum og er metin vegna skila til loftslagssamningsins, er annars vegar losun metans (CH₄) úr loftfirrtum jarðvegi votlendanna, og hins vegar losun á CO₂ vegna lífrænna efna, sem berast burt með vatni og brotna niður annars staðar. Á móti þessari losun kemur að lífrænt efni safnast fyrir í votlendingu og því samsvarandi upptaka á CO₂. Þeir losunarstuðlar, sem gefnir eru upp af ráðgjafanefnd loftslagssamningsins og tiltækir innlendir stuðlar eru dregnir sama í töflu 30. Miðað við þessa stuðla er heildar losun úr grónum votlendum 2,8 og 3,3 kt CO₂ íg. ha⁻¹ ári⁻¹, miðað við stuðla IPCC annars vegar og innlenda stuðla hins vegar. Innlendir stuðlar benda til aðeins meiri metanlosunar úr láglandismýrum en minni úr hálendismýri. Einnig sýna innlendir stuðlar lítils háttar N₂O losun þar sem IPCC gerir ekki ráð fyrir neinni losun.

Tafla 36. Dæmi um áhrif mismunandi % C , rúmþyngdar og jarðvegsþykktar á kolefnismagn á flatareiningu.

%C	Rúmþyngd [g cm ⁻³]	Kolefni á rúmálseiningu [t C m ⁻³]	Þykkt jarðvegs [m]	Magn [t C m ⁻²]
30,0	0,2	0,06	2,0	0,12
15,0	0,4	0,06	2,0	0,12
12,0	0,7	0,08	2,0	0,16
6,0	0,8	0,05	2,0	0,09
3,0	0,9	0,03	2,0	0,05

Áhrif þess áfoks, sem er á gróin votlendi eru margs háttar og hafa ekki verið metin nema að litlu leyti. Á svæðum þar, sem mikið áfok er, er steinefnainnihald jarðvegs í votlendum mun hærra og kolefnisinnihald samsvarandi lægra. Lægra hlutfall (%) kolefnis (g C/100g jarðvegs) þýðir þó ekki endilega minna kolefnismagn í jarðvegi eins og sjá má af dæmum, sem sýnd eru í töflu 36.

Áhrif á foksins á kolefnisbúskap votlends verða ekki metin hér. Slíkt mat krefst meiri tíma og yfirlegu en hér er fært að ráðast í.

Gróin votlendi á Íslandi árið 2014, sem ekki eru talin til framræstra votlenda, eru metin alls 354 kha að flatarmáli í skilunum til loftslagssamningsins (Hellsing et al. 2014). Miðað við það flatarmál og árlega losun á flatareiningu eins og hún er hér metin þá losa gróin votlendi á Íslandi alls frá 990 til 1.170 kt CO₂ ígildi á ári.

3.1.4 Annað land

Í yfirstandandi úttekt LbhÍ á kolefnisforða og ástandi lands hefur komið er skráð beit í í 22% úttektarpunkta innan þess lands. Í skilum til loftslagssamningsins er miðað við að land sem flokkað sé sem annað land sé ekki nýtt með neinum hætti og því ekki gert ráð fyrir neinni losun úr því. Þörf virðist vera á að endurskoða hvaða land er flokkað sem slíkt og afmarka þann hluta sem nýttur er til beitar. Að því gefnu að hluti þessa lands 22% af því sem er utan jökla eða 637 kha gætu verið nýttir, sem beitarland er eðlilegt að skoða mögulega losun og upptöku í því landi. Ekki er gerð að svo komnu nein tilraun hér til að meta upptöku eða losun frá þessu landi. Meðal atriða í því samhengi sem áhugavert væri að skoða eru t.d. áhrif áfoks og rofs á kolefnisforða landsins, þekja lágplantna og hlutur þeirra í bindingu CO₂, endurskoðun á flokkun þessa lands sem ónotað land.

3.1.5 Samantekt á losun sem tengist landnýtingu utan býlanna

Hér verður dregið saman í stuttu máli þá losun og upptöku gróðurhúsalofttegunda sem tengist landnýtingu utan býlanna. Losun úr almennu mólendi vegna þess jarðvegsrofs sem þar er og hve almennt ástand þess er víða slæmt gagnvart kolefnisbúskap, þ.e.a.s. á stórum svæðum nær gróður ekki að halda í við það niðurbrot sem er á lífrænum efnum (öndun meiri en upptaka). Í

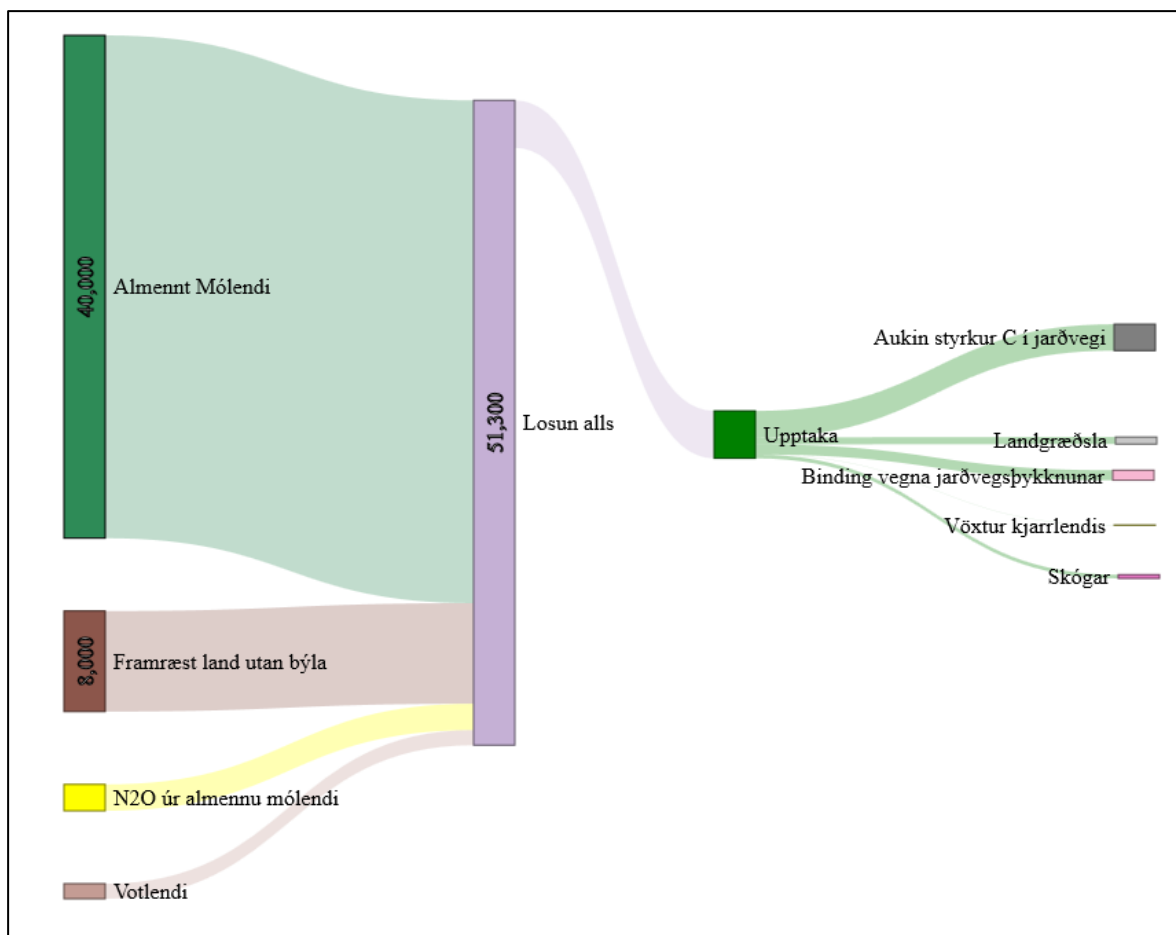
tveimur sviðsmyndum er metið að 5.100 til 40.000 kt CO₂ geti verið að losna af þessum sökum úr almenna mólendinu. Losun á hláturgasi (N₂O) vegna þess köfnunarefnis, sem losnar við niðurbrot þeirra lífrænu efna, sem um ræðir, gæti numið frá 1 til 7 kt N₂O eða ígildi 270- 2.000 kt CO₂ og er þá miðað við, C:N =30 í lífræna efninu, sem brotnar niður. Í mólendinu á sér mögulega einnig stað binding á kolefni vegna þess að gróður á stórum svæðum nær rúmlega að halda í við það niðurbrot sem er á lífrænum efnum og kolefni safnast í jarðveg. Þessi binding er mögulega að skila sem svarar upptöku á 2.100 kt CO₂ inn í almennt mólendi. Áfok á almennt mólendi veldur jarðvegsþykknun. Sá viðbótar jarðvegur sem þannig myndast í mólendinu er talinn geta bundið um 800 kt CO₂ í almennu mólendi.

Framræst votlendi innan mólendis eru talin valda losun á um 8.000 kt CO₂ ígildum og er þá miðað við innlenda losunarstuðla og það mat á flatarmáli eins og það er í skilum til loftslagssamningsins (2014).

Votlendi í landi utan býlanna eru í heild metin vera að losa um 1.200 kt CO₂ ígilda.

Á móti þessari losun eru áður nefndir þættir í almennu mólendi svo og sú binding sem er vegna landgræðslu og ræktaðra skóga og náttúrulegra birkiskóga og birkikjarrs. Samtals er landgræðsla talin binda um 560 kt CO₂ og skógar um 300 kt CO₂, birkikjarrið er í heild talið binda um 10 kt CO₂.

Þessar mögulegu sviðsmyndir eru sett fram á mynd 14.

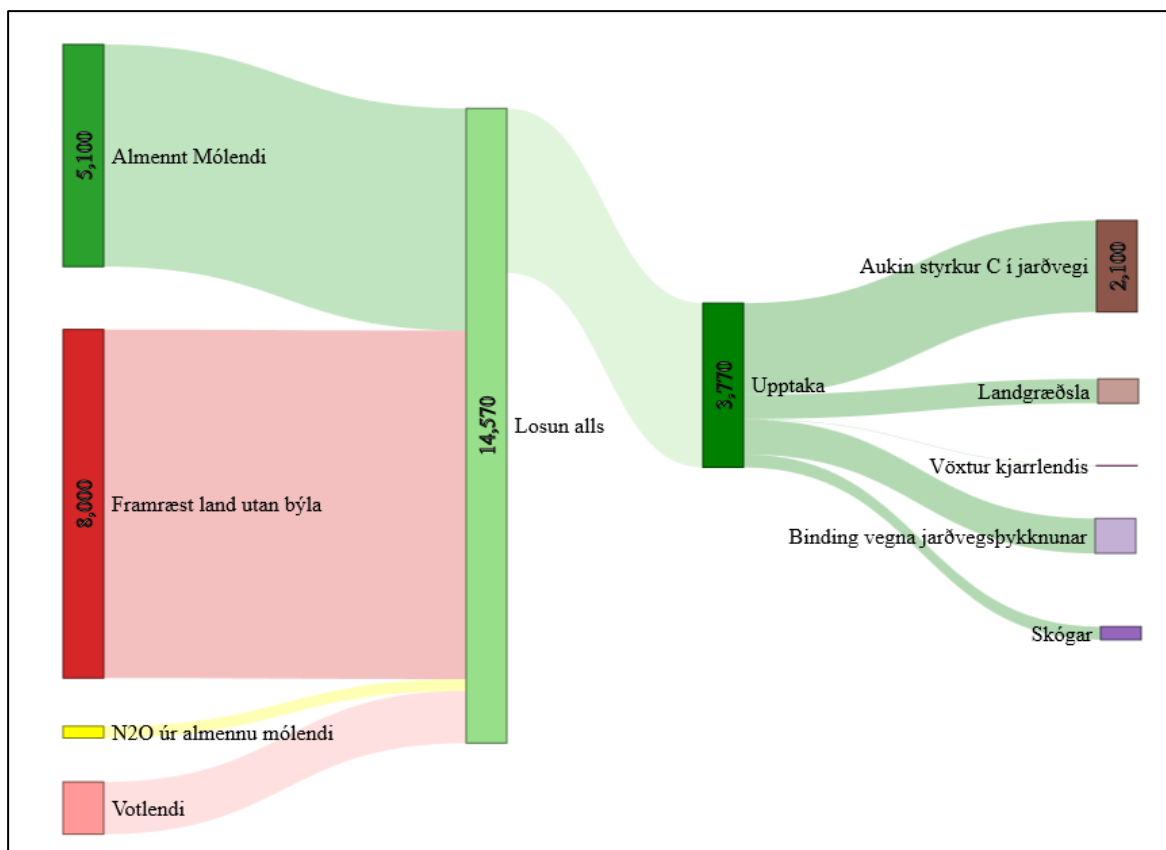


Mynd 14. Losun og upptaka gróðurhúsalofttegunda í landi utan býla, byggt á sviðsmynd 1 fyrir almennt mólendi. Hæð súlanna er í réttu hlutfalli við kt CO₂ ígilda Skýringar á sviðsmund eru í texta. (Ath: (, skilur að þúsund)

Tafla 37 Samantekt á losun og bindingu í landi utan býla eins og hún er sett fram í sviðsmyndum 1 og 2

Losunarþáttur	Losun kt CO ₂ ígildi á ári	Upptaka vegna	Upptaka kt CO ₂ ígildi á ári
Almennt mólendi CO ₂ Sv 1	40.000	Aukinn styrkur C í jarðvegi	2.100
Almennt mólendi CO ₂ Sv 2	5.100	Landgræðsla	560
Framræst land utan býla	8.000	Binding vegna jarðvegsþykkunar	800
Almennt mólendi N ₂ O	2.000	Vöxtur kjarrlendis	10
Almennt mólendi N ₂ O	270	Binding í skógum	300
Votlendi	1.200		
Samtals sviðsmynd 1	51.300		3.770
Samtals sviðsmynd 2	14.570		3.770

Þessar sviðsmyndir eru byggðar á mati á þeim ferlum sem lýst hefur verið hér að ofan og á hve stóru landsvæði þau ferli geti verið í gangi á. Til að styrkja þetta mat þarf að efla mjög þekkingu á þeim ferlum sem eru í gangi, hversu mikila losun góðurhúsalofttegunda þau hafa í för með sér, og ekki hvað síst hvert er umfang þeirra svæða sem þau eru í gangi á.



Mynd 15 Losun og upptöka gróðurhúsalofttegunda í landi utan býla, byggt á sviðsmynd 2 fyrir almennt mólendi. Hæð súlanna er í réttu hlutfalli við kt CO₂ ígilda Skýringar á sviðsmynd eru í texta og í töflu 37. (Ath: (,) skilur að þúsund)

3.2 Samantekt á losun sem tengist beitarlöndum

Hér að ofan hefur verið gerð grein fyrir losun og upptöku gróðurhúsalofttegunda á landi utan býla. Hluti þeirrar losunar og upptöku á sér stað innan þess lands, sem nýtt er til beitar. Ekki liggur fyrir nein skýr afmörkun á því landi, sem nýtt er til beitar og hinu sem ekki er nýtt. Í yfirstandandi úttekt LbhÍ hefur í öllum úttektarpunktum, sem farið hefur verið í frá og með 2012, verið skráð hvort beit er merkjanleg eða ekki á viðkomandi svæði. Bráðabirgða úrvinnsla úr þessari úttekt gefur til kynna hlutfallslega skiptingu landnýtingarflokka milli svæða með beit og hinna, sem ekki virðast beitt (Tafla 38).

Tafla 38. Hlutfall úttektarpunkta, sem beit er skráð á, og mat á heildarflatarmáli beitarlanda.

Landnýtingarflaokkur	Heild	Mólendi	Skógur	Votlendi	Annað land án jökla	Heild án annars lands
Heildarflatarmál [kha]	9.029	5.377	137	619	2.895	6.133
% úttektarpunkta skráðir með beit	43	47	13	53	22	47
Flatarmál beitt [kha]	3.882	2.527	18	328	637	2.882

Samkvæmt þessu mati á flatarmáli beitarlanda er það 3.882 kha ef ekki er tekið tillit til mismunandi fjölda úttektarpunkta innan hversrar landgerðar. Sé það hins vegar gert reiknast

flatarmálið 2.882 kha eða 1.000 kha minna. Rétt er að taka fram að eftir er að vinna mun betur úr niðurstöðum þessara úttektar og hér aðeins byggt á bráðabyrgðar niðurstöðum. Síðan hafa einnig bæst við úttektarpunktar og matið kann því að taka breytingum.

Skógar:

Ekki liggur fyrir nein afmörkun á þeim skógum, sem eru beittir eða eru innan beitarlanda hvort heldur þau eru í notkun eða ekki. Ræktaðir skógar eru þó almennt afgirtir með skepnuhaldum girðingum og því ekki beittir hvað sem verða kann síðar. Það má því gera ráð fyrir að sú beit, sem skráð hefur verið í úttekt LbhÍ innan skóga, sé að mestu í birkiskógum. Í úttektinni var beit skráð í 13% úttektarpunkta innan skóga. Þetta svarar til þess að af 137 kha skóga séu 18 kha beittir. Mest af þessum skógum eru væntanlega birkiskógar, þar sem hinir eru jafnan afgirtir. Ef gengið er út frá því að ekki sé munur á bindingu í birkiskógum eftir því hvort þeir eru beittir eða ekki þá gætu rúm 7 kt CO₂ verið bundin í þeim hluta beitarlanda í notkun, sem vaxin eru birkiskógi. Varfærnara mat væri að gera ráð fyrir að útbreiðsla birkiskóga eigi sér aðeins stað í þeim hluta beitalandanna, sem eru í hvíld og að beitin sé eingöngu á eldri birkiskógunum. Binding í eldri birkiskógum (eldri en 50 ára) er metin lægri en í nýjum skógum, eða tæp 0,2 t CO₂ ha⁻¹ ári⁻¹. Miðað við þessar forsendur reiknast binding í þeim hluta beitarlanda, sem eru í notkun og vaxin skógi, alls rúm 3 kt CO₂.

Þriðji kosturinn er svo að greina ekki á milli beitarlanda eftir því hvort þau eru í notkun eða ekki og setja alla birkiskóga innan beitarlanda. Binding í skógi vöxnum beitarlöndum er þá eins og áður er sagt 41 kt CO₂. Þessar mismunandi nálganir eru dregnar sama í töflu 39.

Tafla 39. Mat á bindingu CO₂ í birkiskógi innan beitarland miðað við mismunandi forsendur (sjá texta). Einnig mat á bindingu í ræktuðum skógi þar sem beit hefur verið útilokuð.

Skógur í beitarlöndum	Skógar í beitarnýtingu	Skógar í hvíld/ beit útilokuð	Samtals
Flatarmál birkiskógar [kha]	18	79	97
Flatarmál ræktaðir skógar		40	40
Binding [kt CO₂]			
Allir birkiskógar beittir jafnt	7	34	41
Aðeins eldri birkiskógar beittir	3	38	41
Ræktaðir skógar	-	256	256

Mólendi:

Af því landi sem flokkað er til mólendis eða 5.377 kha eru samkvæmt úttekt LbhÍ 2.527 kha beittir. Losun úr mólendi er ef miðað er við sviðsmynd 1 sem sett er fram hér að ofan ígildi um 46.600 kt CO₂. Þá er búið að taka frá þá losun, sem er úr votlendum og bindingu skóga. Binding vegna landgræðslu er hins vegar enn inni. Ef hins vegar er gengið út frá sviðsmynd 2 fyrir almenna mólendið er losunin 9.900 kt CO₂. Ef gengið er út frá því að beit dreifist jafnt á allt mólendi, óháð ástandi þess eða losun og upptöku gróðurhúsalofttegunda. Þá væri hægt að færa 47% af þessari losun á beitarlöndin eða ígildi um 21.300 eða 4.650 kt CO₂ eftir því hvort er miðað við sviðsmynd 1 eða 2 fyrir almenna mólendið. Ekki er í ofangreindu mati á umfangi beitar tekið neitt tillit til hvort um er að ræða mikla eða litla beit á viðkomandi svæði, en í úttektinni var samt lagt ákveðið mat á beitarþunga. Með því að gera ráð fyrir að beit dreifist

jafnt á allt mólendið er líka gengið út frá því að það land, sem er verst farið og mögulega að losa mest njóti ekki neinnar friðunar umfram annað land. Einnig felst með óbeinum hætti í þessari forsendu að ekki sé samhengi milli ástands lands og þar með þeirrar losunar eða bindingar, sem þar er, og þess hvort það er beitt eða ekki. Það stangast verulega á við fjölda rannsókna varðandi áhrif beitar á land sem beitt er. Það ætti að vera augljóst út frá þessu, að lykilatriði til að bæta mat á losun gróðurhúsalofttegunda úr beitarlöndum, er að afmarka landfræðilega með skýrari hætti en gert er í dag hvaða land er beitt og hvað ekki. Í framhaldi af því er svo eðlilegt að skoða með hvaða hætti er hægt að bæta umgengnina við það land og meta betur þá losun og bindingu sem þar er. Í framhaldi væri svo hægt að grípa til aðgerða til að draga úr losun og auka upptöku.

Almennt mólendi:

Almennt mólendi er mikilvægast hluti beitarlanda einfaldlega vegna þess að innan þessa er stærstur hluti gróins lands. Í yfirstandandi úttekt LbhÍ var beit skráð í 47 % úttektarpunkta í mólendi og miðað við það eru tæpir 2.200 kha (22.000 km²) almenns mólendis nýttir til beitar og um 2.450 kha (24.500 km²) í hvíld eða með mjög litla beit. Ef miðaða er við sviðsmynd 1 þ.e. að losun CO₂ úr almennu mólendi sé um 40.000 kt á ári og frá því dragist binding á um 3.470 kt CO₂ og til viðbótar komi losun N₂O samsvarandi til um 2.000 kt CO₂, þá gæti losun úr þessum hluta beitarlanda numið um 18.100 kt CO₂ ígildum. Í sviðsmynd 2 er losun CO₂ metin 5.100 kt og til viðbótar er svo N₂O upp á 270 kt CO₂ ígildi og jafnmikil binding og í sviðsmynd 1, Hlutur beitarlanda væri því um 850 kt CO₂ ígildi. Hér er rétt að undirstrika þann mikla mun sem er á niðurstöðum mats á losun, eftir því hverjar forsendurnar eru. Þörfin á því að afla betri gagn um almenna mólendið og hvað er að losna úr því er því brýn.

Framræst mólendi:

Í yfirstandandi úttekt LbhÍ á landnotkun og kolefnisforða er beit skráð í 47% þeirra úttektarpunkta sem tilheyra mólendi. Miðað við þá skiptingu milli beitra svæða og hinna sem eru ekki beitt svo neinu nemi og að beitin dreifist jafnt á allt mólendið en ekki sérstaklega t.d. á framræstu svæðin þá væru af þessu landi 172 kha beittir og 194 kha í hvíld. Heildarlosun vegna beitarlands á framræstum votlendum væri samkvæmt þessu 3.920 til 4.694 kt CO₂ ígildi ári⁻¹, eftir því hvort miðað er við innlenda stuðla eða stuðla IPCC. Losun frá þeim beitarlöndum sem ekki eru í notkun er samkvæmt þessu 4.420 til 5.293 kt CO₂ ígildi ári⁻¹.

Votlendi:

Samkvæmt úttekt LbhÍ á hlutfalli beitarlands inna landgerða sem nýttar eru til beitar að einhverju leyti þá eru 53% votlenda skráð með einhverri beit á. Heildar losun gróðurhúsalofttegunda frá grónum votlendum er metin samsvarandi tæplega 1.200 kt CO₂.

Miðað við ofangreing hlutfall sem nýtt er til beitar þá væri hægt að færa ígildi 636 kt CO₂ á þann hluta votlenda sem beittur er

Annað land:

Samkvæmt úttekt LbhÍ þá var beit skáð í 22 % þeirra úttektarpunkta sem flokkaðir eru í annað land. Ekki er hér metin nein losun úr þessu landi en augljóslega er þörf á að skilgreina betur

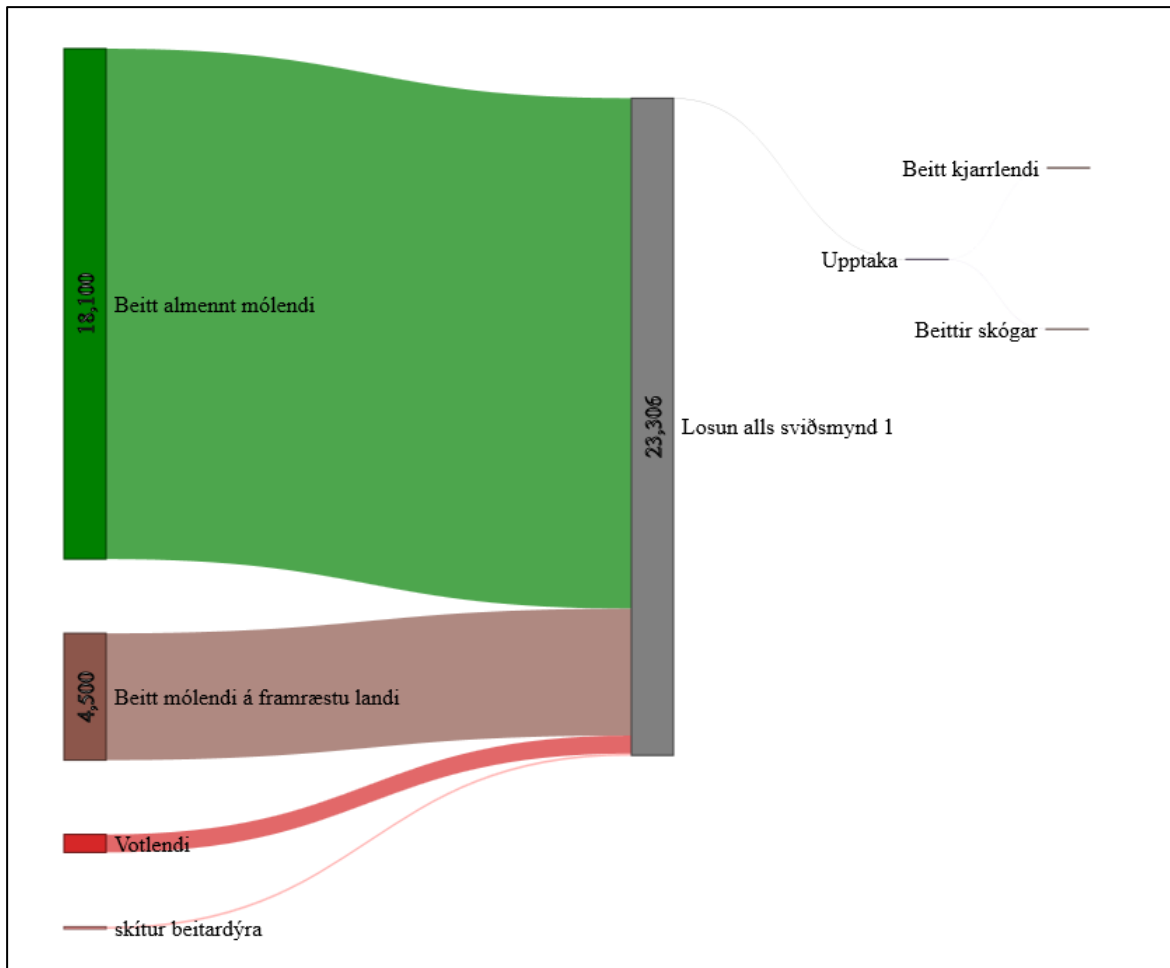
mörkin á milli þessa landnýtingar flokks og mólendis þar sem hluti annars lands er augljóslega nýttur til beitar. En annað land er skilgreint sem ónotað land.

3.2.1 Losun vegna úrgangs beitardýra í beitarlöndum

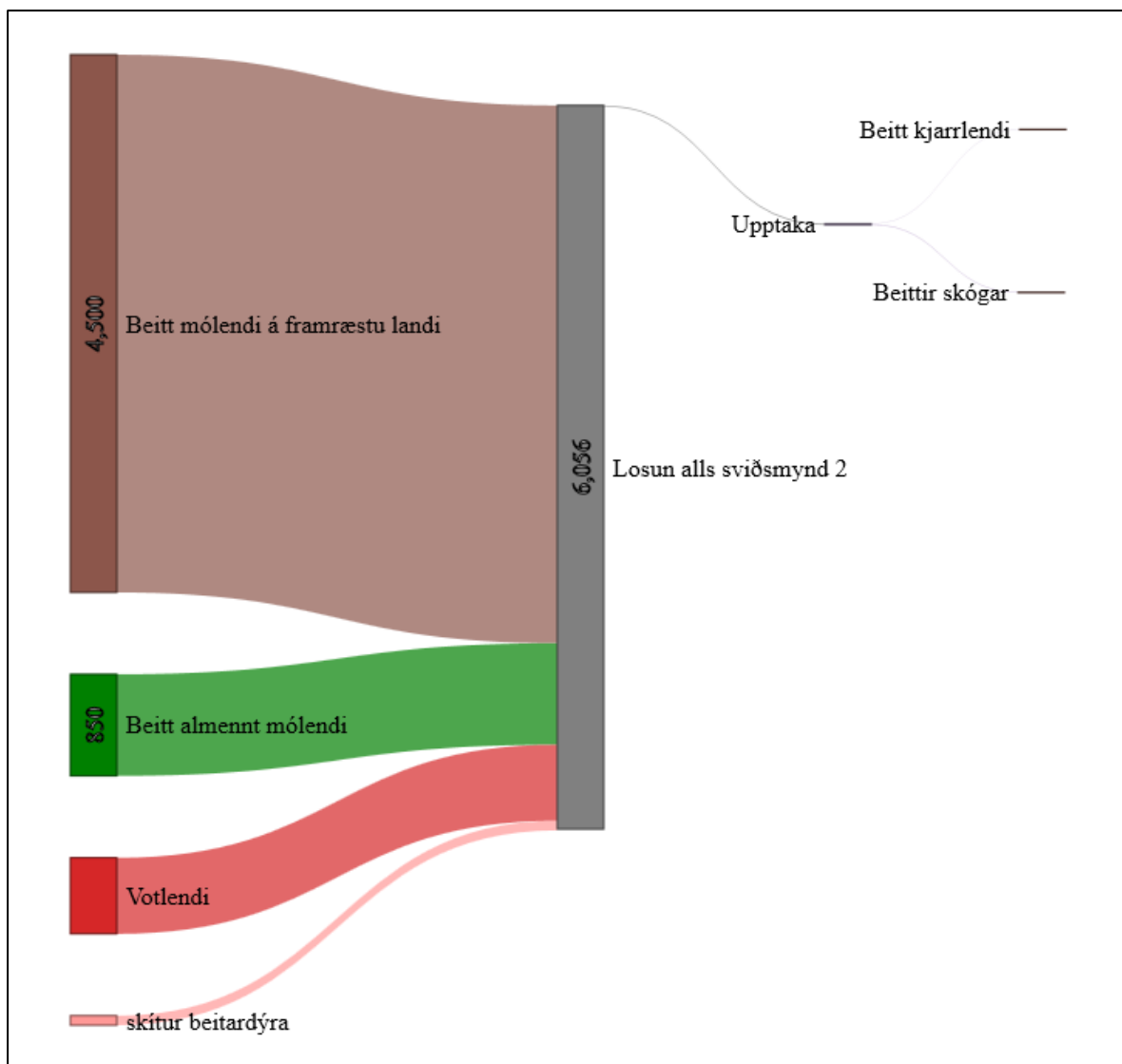
Þann tíma sem beitardýr eru í haga fellur eitthvað til af skít og með honum fylgja áburðarefni. Niðurbrot köfnunarefnissambanda í skítinum veldur losun á hláturgasi en ekki er talið að nein losun á metani verði í þessum skít þar sem aðstæður er að mestu loftaðar. Í skilum til loftslagssamningsins er þessi losun metin 0,27 kt N₂O sem svarar til um 80 kt CO₂ ígilda. Augljóslega færirst öll þessi losun á það land sem nýtt er til beitar.

Tafla 40. Mat á losun gróðurhúsalofttegunda frá þeim hluta lands utan býla, sem nýttur er til beitar. Tvær sviðsmyndir fyrir almennt mólendi eru notaðar.

	Flatarmál [kha]	Losun [kt CO ₂ ígildi]	Tölugildi losunar (absolute)	% (abs) sv1	% (abs) sv2
Land nýtt til beitar	3.709				
Skógar	18	-7	7	0,03	0,12
Mólendi alls sviðsmynd 1	2.726	22.597	22.597	96,96	
Mólendi alls sviðsmynd 2	2.726	5.347	5.347		88,29
Almennt mólendi Sv 1	2.200	18.100	18.100	77,66	
Almennt mólendi Sv 2	2.200	850	850		14,04
Framræst mólendi	172	4.500	4.500	19,31	74,31
Kjarrlendi	26	-3	3	0,01	0,05
Votlendi	328	636	636	2,73	10,50
Annað land	637				
Losun vegna skíts beitardýra		80	80	0,34	1,32
Samtals sviðsmynd 1		23.306	23.306	100,00	
Samtals sviðsmynd 2		6.056	6.056		100,00



Mynd 16. Mat á losun tengdri beitarlöndum miðað við sviðsmynd 1 fyrir almennt mólendi. Hæð súlanna er í réttu hlutfalli við kt CO₂ ígilda Skýringar á sviðsmynd eru í texta og í töflu 37. (Ath: (,) skilur að þúsund)



Mynd 17. Mat á losun tengdri beitarlöndum miðað við sviðsmynd 2 fyrir almennt mólendi. Hæð súlanna er í réttu hlutfalli við kt CO₂ ígilda Skýringar á sviðsmynd eru í texta og í töflu 37. (Ath: (,) skilur að þúsund)

4 Losun tengd aðföngum og afurðum

Unnin hefur verið sérstök greining á kolefnisspori garðyrkju hérlendis þar sem borið var saman innlent kolefnisspor innlendrar framleiðslu og innfluttrar (Sigurðsson et al. 2015).

Þó svo garðyrkjan sé mikilvæg grein innan landbúnaðar þá er ekki gerð sérstök grein fyrir henni hér í þessari greinargerð og er alfarið vísað til ofangreindrar skýrslu. Ekki liggur fyrir að hve miklu leyti sú losun, sem gerð er grein fyrir í greiningu Eymundar Sigurðssonar o.fl (Sigurðsson et al. 2015), skarast við þá losun, sem hér er metin eða hvort hún er hrein viðbót. Þessi greining á kolefnisspori garðyrkjunnar sýnir ágætlega mikilvægi annarra þátta en þeirra, sem flokkaðir eru undir landbúnað og landnýtingu í því loftslagsbókhaldi, sem skilað er til loftslagssamnings Sameinuðu þjóðanna. Í núverandi skilum til samningsins er engin losun

skráð sérstaklega á garðyrkju og ylrækt heldur er öll sú losun annað hvort ótilgreind eða er innifalin í öðrum þáttum. Sama gildir um mikið af annarri landbúnaðartengdri losun gróðurhúsalofttegunda. Notkun á jarðefnaeldsneyti í landbúnaði er t.d. ekki sérstaklega tilgreind. Losun sem tengist framleiðslu tilbúins áburðar verður erlendis, þar sem innlend framleiðsla á tilbúnum áburði er ekki lengur til staðar. Framleiðsla á vélum og tækjum til landbúnaðar og sú losun gróðurhúsalofttegundum, sem henni tengist er sömuleiðis erlendis. Notkun á eldsneyti til flutnings aðfanga og afurða er ekki skráð sérstaklega á landbúnað heldur kemur fram með annarri eldsneytislosun. Svipað gildir um t.d. losun vegna úrgangs þar er ekki sérstök skráning á úrgangi frá landbúnaði, þó að einhverja upplýsingar séu til fyrir einstaka úrgangsflokka sem rekja má til landbúnaðar eins og t.d. sláturúrgang.

Til að nálgast heildarlosun einhverrar framleiðslu er oft gerð s.n. lífsferilsgreining á viðkomandi framleiðslu, en þá er framleiðsluferlið rakið lið fyrir lið og allir þættir þess innan skilgreindra marka metnir m.a. m.t.t. losunar gróðurhúsalofttegunda. Slíkar greiningar eru utan viðfangsefnis þessarar skýrslu, en væru að mati höfunda skynsamlegt næsta skref til að skerpa myndina fyrir einstakar greinar landbúnaðarins.

Hér verður aðeins lagt gróft mat á tvo þætti annars vegar losun vegna framleiðslu tilbúins áburðar og hins vegar vegna innflutnings og dreifingar á eldsneyti.

Framleiðsla tilbúins áburðar

Mat á losun vegna þessa þáttar er annars vegar byggt á stuðlum vegna framleiðslu ákveðinna áburðargerða (Wood and Cowie 2004) og hins vegar þeirri einfölduðu forsendu að allt köfnunarefni í tilbúnum áburði komi úr áburði með hlutföll N:P:K 20:05:04. Miðað við þetta er heildarlosun tengd framleiðslu á þeim tilbúna áburði sem notaður er í landbúnaði er um 120 kt CO₂ ígildi á ári. Eftir er þá að meta losun sem fylgir flutningum á þessum áburði til landsins og dreifingu til bænda.

Viðbótar losun vegna eldsneytis

Hverjum lítra af eldsneyti fylgir ákveði viðbótarlosun umfram þá losun, sem verður þegar eldsneytið er notað. Þessi viðbót liggur bæði í losuninni, sem verður við framleiðslu olíunnar og vegna flutninga á henni. Þess vegna er unnt að bæta við losunina sem verður vegna eldsneytisbrennslunnar ákveðinni losun á hver lítra. Hver þessi viðbót er nákvæmlega fyrir þá olíu sem hér er notuð er ekki metið hér.

Losun vegna afurða

Ekki reyndist svigrúm til að meta þenna þátt hér og verður það verk að bíða annarra. Hér getur þó verið á ferðinni umtalsverð losun og tækifæri til að draga úr henni.

Losun vegna landbúnaðartengds úrgangs

Ekki reyndist heldur svigrúm til að meta áhrif þessa þáttar.

5 Menntun og miðlun þekkingar um losun gróðurhúsalofttegunda í landbúnaði

Landbúnaðarháskóli Íslands annast bæði almennt búfræðinám á framhaldsskólastigi og nám í búvísindum á háskólastigi.

Óskað var eftir því að tekið yrði saman hvernig staðið væri að menntun við LbhÍ um losun gróðurhúsalofttegunda hjá þeim sem eru að mennta sig til starfa í landbúnaði. Þeirri fyrirspurn var því beint til umsjónarmanna viðkomandi brauta. Hér á eftir fer samantekt á svörum sem bárust.

Búfræðin

Í áfanga Umhverfi og sjálfbær landnýting sem er einnig skyldufag hjá fyrsta árs nemendum er farið í neðangreind atriði.

- Hvernig hægt er með mismunandi tækni að minnka losun gróðurhúsalofttegunda?
- Nýting metans annað hvort á vélar eða til kyndingar
- Binding koldíoxíðs í lífmassa
- Áhrif framræslu á losun gróðurhúsalofttegunda
- Hvernig minni urðun lífrænna efna getur haft áhrif?
- Hvernig gjaldtaka getur leitt til minni losunar gróðurhúsalofttegunda?
- Hvaða möguleikar íslenskir bændur hafa í heild til að draga úr losun?
- Notkun annarra orkugjafa en jarðefnaeldsneytis.
- Hvernig minni flutningar aðfanga og afurða leiðir til minni losunar gróðurhúsalofttegunda.
- Hvernig jarðvegseyðing hefur m.a. áhrif á losun gróðurhúsalofttegunda og hvernig er hægt að vinna gegn jarðvegseyðingu og stuðla þar með að bindingu þessara lofttegunda.
- Reglur og reglugerðir sem sérstaklega lúta að losun gróðurhúsalofttegunda og fjallað er um í þessum áfanga.
- Starfsreglur um góða búskaparhætti
- Reglugerð nr. 737/2003 um meðhöndlun úrgangs

Í áfanga um Beitarstjórnun, sem er skyldufag fyrir nemendur á öðru ári í búfræði er líka fjallað um lífmassa í jarðvegi, hvernig framræsla og jarðvegseyðing hefur áhrif á gróðurhúsalofttegundir, hvernig hægt er að stuðla að bindingu og hvaða áhrif það getur haft á beitarstýringu og nýtingu lands til beitar.

Minnst er á losun gróðurhúsalofttegunda við framræslu í áfanganum Jarðvinnsla og jarðrækt 1 sem er skyldufag fyrir fyrsta árs nemendur.

Einnig er þetta rætt í valfaginu Endurræktun túna þegar rætt er um skurði og framræslu og þegar rætt er um plægingar í samanburði við aðrar jarðvinnsluaðferðir.“

(tölvupóstur frá Ólöfu Ósk Guðmundsdóttur)

Búvísindabraut

„Umfjöllun um losun gróðurhúsalofttegunda fær ekki mikið rými í námsefni búvísindabrautar í núgildandi námsskrá. Lauslega er farið yfir áhrif útblásturs vegna vélanotkunar í landbúnaði og einnig er fjallað nokkuð um losun frá hauggeymslum og búfjáraburði í námskeiðum um bótækni og byggingar.

Einnig er kynnt losun frá meltingu jörturdýra í kennslu í fóðurfræði og hvernig mismunandi fóðrun hefur áhrif þar á og málið sömuleiðis reifað í námskeiði í nautgripærkt bæði varðandi fóðrun og kynbætur sem miða að því að draga úr losun frá nautgripum.

Í valnámskeiðinu Framtíð landbúnaðar sem er í boði fyrir allar námsbrautir, er sérstaklega fjallað um loftslagsbreytingar, umhverfisáhrif landbúnaðar og losun gróðurhúsalofttegunda í matvælaframleiðslu og hvernig sporna má við losun með ýmsum ráðstöfunum. Í námskeiðinu vinna nemendur sjálfstæð verkefni um þessi efni og kynna þau með fyrirlestrum og ritgerðum. Námskeiðið er valfrjálst og kennt þegar þátttaka er næg.

Kennarar búvísindabrautar eru meðvitaðir um að nauðsynlegt er að sinna þessum málaflokki betur en nú er raunin. Námsskrár og námskeiðslýsingar eru endurskoðaðar reglulega og reikna má með að efninu verði betur sinnt á næstu árum.“

Þakkir

Ég vil þakka öllum þeim samstarfsmönnum mínum við Landbúnaðarháskóla Íslands sem með margvíslegum hættir aðstoðuðu mig við gerð þessar greinagerðar. Þau Agnes Ösp Magnúsdóttir, Guðrún Hulda Pálsdóttir, Margrét Ágústa Jónsdóttir og Sigmundur Helgi Brink fá sérstakar þakkir fyrir margvíslega aðstoð við gagnavinnslu og ritvinnslu. Þeim Charlottu Oddsdóttir, Ólafi Arnalds, Hlyni Óskarssyni, Þóroddi Sveinssyni, Emmu Eypórsdóttur, Ólöfu Ósk Guðmundsdóttur, Sigmundi Helga Brink, Fanney Ósk Gísladóttur, Guðna Þorvaldssyni og Jóhannesi Sveinbjörnssyni vil ég þakka gagnlegar umræður og ábendingar um heimildir og aðferðir. Runólfur Sigursveinsson hjá Ráðgjafamiðstöð landbúnaðarins fær þakkir fyrir gagnlegar ábendingar um orkunotkun í landbúnaði. Kári Jónsson og Anna Sigurveig Ragnarsdóttir Umhverfisstofnun fá þakkir fyrir margvíslega aðstoð og skýringar og Kári fyrir aðstoð við útreikninga á losun vegna orkunotkunar. Áskell Þórisson Landgræðslu ríkisins lagði góðfúslega til forsíðumyndina og Jóhann Þórsson hjá sömu stofnun veitti ýmsar gagnlegar upplýsingar, þeir fá báðir þakkir. Þau Björn Barkarson, Ingveldur Sæmundsdóttir og Stefán Einarsson hjá Umhverfis og Auðlindaráðuneytinu og Sigurður Eypórsson hjá Bændasamtökum Íslands fá sérstakar þakkir fyrir margvíslegar ábendingar og gagnlegar umræður.

Heimildaskrá

- Aradóttir, Á. L., K. Svavarsdóttir, T. H. Jónsson and G. Guðbergsson (2000). "Carbon accumulation in vegetation and soils by reclamation of degraded areas." Icelandic Agricultural Science **13**: 99-113.
- Arnalds, Ó. (2007). Er „núll losun“ gróðurhúsalofttegunda möguleg á Íslandi? . Fræðaping landbúnaðarins.
- Arnalds, Ó., E.F.Thorarinisdóttir, S. Metúsalemsson, Á. Jónsson, E. Gretarsson and A. Árnason. (1997). Jarðvegsrof á Íslandi. Reykjavík, Landgræðsla Ríkisins, Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Arnalds, Ó., G. Guðbergsson and J. Guðmundsson (2000). "Carbon sequestration and reclamation of severely degraded soils in Iceland." Búvísindi **13**: 87-97.
- Bakken, L. R., L. Bergaust, B. B. Liu and A. Frostegard (2012). "Regulation of denitrification at the cellular level: a clue to the understanding of N₂O emissions from soils." Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences **367**(1593): 1226-1234.
- Epstein, H. E., I. C. Burke and W. K. Lauenroth (2002). "Regional Patterns of Decomposition and Primary Production Rates in the U.S. Great Plains." Ecology **83**(2): 320-327.
- Gísladóttir, F. Ó., S. H. Brink and Ó. Arnalds (2014). Nyttjaland. Rit Lbhí, Landbúnaðarháskóli Íslands: 113.
- Gísladóttir, F. Ó., S. Metúsalemsson and H. Óskarsson (2007). Áhrifasvæði skurða: Greining með fjarkönnunaraðferðum. Fræðaping landbúnaðarins, Reykjavík.
- Guðmundsson, J. (2009). Vísinda og tæknileg lokaskýrsla:Verkefni: Losun hláturgass og annarra gróðurhúsalofttegunda úr lífrænum jarðvegi við mismunandi landnotkun., Lbhi: 11.
- Guðmundsson, J., S. H. Brink and F. Gísladóttir (2013). Preparation of a LULUCF land-use map for Iceland: Development of the Grassland layer and subcategories Grassland Science in Europe 13.
- Guðmundsson, J., F. Gísladóttir, S. H. Brink and H. Óskarsson (2010). The Icelandic Geographic Land Use Database (IGLUD). Mapping and monitoring of Nordic Vegetation and landscapes, Hveragerði, Norsk Insitute for Skog og landskap.
- Guðmundsson, J. and H. Óskarsson (2014). Carbon dioxide emission from drained organic soils in West-Iceland. Soil carbon sequestration: for climate, food security and ecosystem services. Proceedings of the International Conference 27-29 May 2013, Reykjavík, Iceland. JRC Scientific and Policy Reports. European Union. In press. G. Halldórsson, F. Bampa, A. B. Þorsteinsdóttiret al.
- Guðmundsson, B. (2001). Geymsla rúllubagga í 6- og 8-földum plasthjúp í forsælu og sólarvegin Ráðunautafundur. Reykjavík.
- Guðmundsson, J. and H. Óskarsson (2014). Carbon dioxide emission from drained organic soils in West-Iceland. Soil carbon sequestration for climate food security and ecosystem services, Reykjavík Iceland, JRC science and policy report.

Helgason, B. (1975). "Breytingar á jarðvegi af völdum ólíkra tegunda köfnunarefnisáburðar. Samanburður þriggja tegunda köfnunarefnisáburðar." Íslenskar landbúnaðarrannsóknir **7** (1-2): 11.

Hellsing, V. Ú. L., A. S. Ragnarsdóttir, K. Jónsson, K. Andrésson, o. Jóhannsson, J. Guðmundsson, A. Snorrason and J. Þórsson (2016). National Inventory Report 2016, Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2014; Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol, UST: 381.

Hellsing, V. Ú. L., A. S. Ragnarsdóttir, K. Jónsson, K. Andrésson, o. Jóhannsson, J. Guðmundsson, A. Snorrason, J. Þórsson and S. Einarsson (2014). National Inventory Report 2014; Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change, Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2014. , UST: 406.

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (eds). H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe, Published: IGES, Japan.

IPCC, Ed. (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.

IPCC (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. T. Hiraishi, Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G., IPCC, Switzerland.

Jansen, E. (2008). The effects of land use, temperature and water level fluctuations on the emission of nitrous oxide (N₂O), carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) from organic soil cores in Iceland. Faculty of Life and Environmental Sciences. Reykjavík, University of Iceland. **M.Sc.:** 73.

Jørgensen, H., P. K. Theil and K. E. B. Knudsen (2011). Enteric Methane Emission from Pigs Planet Earth 2011 - Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice. E. G. Carayannis, InTech, Chapters published October 03, 2011 under CC BY-NC-SA 3.0 license: 656.

Ketilsdóttir, S. Ó. (2010). Gashæfi kúamykju og möguleikar metanvinnslu í Eyjafirði ("Potential methane yield from slurry and feces from Icelandic dairy cows and options in methane production in Eyjafjörður district") in Icelandic. Auðlindadeild (Faculty of Animal and Land Resources), Landbúnaðarháskóli Íslands (Agricultural University of Iceland). **M.Sc:** 67.

Ketilsdóttir, S. Ó. and ó. Sveinsson (2010). Efnainnihald kúamykju og mælingar in situ á þurrefni, NH₄-N og P með Agros Nova mælibúnaði. Fræðaping landbúnaðarins.

Mörkved, P. T., J. Soldal, P.Dörsch, R. v. Noort, N. Simon and L. R. Bakken Soil pH regulation and N₂O emission mitigation by mafic rock application

Nadeem, S., L. Bakken and P. Dörsch NITRIFICATION, DENITRIFICATION AND N₂O EMISSION AS AFFECTED BY SOIL pH MANAGEMENT.

Orkuspánefnd (2016). Eldsneytisspá 2016-2050. Á. Loftsdóttir, A. L. Oddsdóttir, B. M. Gylfasonet al. Reykjavík, Orkustofnun: 118.

Ólafsdóttir, R. (2015). Carbon budget of a drained peatland in Western Iceland and initial effects of rewetting. Faculty of Environmental Sciences. Borgarnes, Agricultural University of Iceland. **MS:** 70.

Óskarsson, H. (1998). Icelandic Peatlands: Effects of Draining on Trace Gas Release. Athens, Georgia, USA, University of Georgia,.

Óskarsson, H., O. Arnalds, J. Gudmundsson and G. Gudbergsson (2004). "Organic carbon in Icelandic Andosols: geographical variation and impact of erosion." CATENA **56**(1-3): 225-238.

Óskarsson, H. and J. Guðmundsson (2008). Gróðurhúsaáhrif uppistöðulóna; Rannsóknir við Gilsárlón 2003-2006, Landsvirkjun: 142.

Pálmason, F. (2013). Plöntunæringar- og áburðarfræði, Landbúnaðarháskóli Íslands.

Sigurðsson, E., F. R. Linnet, G. M. Pálsson, J. S. Gestsson and K. V. Guðmundsson (2015). Kolefnisspor Garðyrkjunnar, Verkfræðistofa Jóhanns Indriðasonar: 51.

Snorrason, A. and B. Kjartansson. (2004). "Íslensk skógarúttekt. Verkefni um landsúttekt á skóglendum á Íslandi. Kynning og fyrstu niðurstöður. (Icelandic National Inventory. Project on inventory of forests in Iceland. Presentation and First Results)." Skógræktarritið(2): 101-108 (In Icelandic).

Snorrason, A., B. D. Sigurðsson, G. Guðbergsson, K.Svavarsdóttir and Þ.J.Jónsson (2003). "Carbon sequestration in forest plantations in Iceland." Búvísindi (Icel. Agr. Sci.) **15**(02): 81-93.

Sundberg, M., J. Gudmundsson and M. Guðmundsson (2010). Biofuel production in Iceland Survey of potential raw materials and yields to 2030, Mannvit Engineering, Agricultural University of Iceland, Innovation Center Iceland: 61.

UN (2016). Paris Agreement.

Wood, S. and A. Cowie (2004). A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production. . For IEA Bioenergy Task 38 Research and Development Division, State Forests of New South Wales. Cooperative Research Centre for Greenhouse Accountin: 20.

Þorsteinsson, S. (2011). Tengsl jarðvegsöndunar við magn kolefnis og niturs í jarðvegi. Umhverfiseild. Hvanneyri, Landbúnaðarháskóli Íslands. **BS**: 27.

Þorvaldsson, G. (1994). Gróðurfar og nýting túna. Fjölrít Rala, Agricultural research institute Iceland: 32.