



Greining á magni lífrænna áburðarefna á Íslandi og tækifæri til aukinnar nýtingar

Sjálfbær áburðarframleiðsla – heildstæð nálgun á hringrásarhagkerfi

STYRKT AF MARKÁÆTLUN RANNÍS



Efnisyfirlit

Ágrip	3
Skilgreiningar	4
1 Bakgrunnur	5
1.1 Áburður í akuryrkju og landgræðslu	5
1.2 Helstu næringarefni í áburði	6
1.3 Efnahagsleg áhrif	7
1.4 Umhverfisáhrif	8
1.5 Lífrænn úrgangur á Íslandi, uppruni og kortlagning	9
2 Aðferðafræði	10
2.1 Útreiknað magn lífrænna hráefna	10
2.2 Næringarinnihald lífrænna hráefna	10
2.3 Kröfur til vinnslu aukaafurða dýra	10
2.4 Kolefnisspor og kostnaður	11
3 Niðurstöður	12
3.1 Útreiknað magn: Búfjárúrgangur	12
3.2 Útreiknað magn: Annar úrgangur	15
3.3 Útreiknað magn næringarefna í lífrænum úrgangi	20
3.4 Kolefnisspor og kostnaður (samanburður við tilbúinn áburð)	22
4 Umræður	23
5 Heimildir	26
Viðauki - Efnamælingar	30

Gefið út af Matís ohf.

Höfundar: Jónas Baldursson, Matís

Eva Margrét Jónudóttir, Matís

Magnús H. Jóhannsson, Landgræðslan

Uppsetning: Blek hönnunarstofa



Verkefnið hlaut styrk frá Markáætlun Rannís 2020 undir flokknum Samfélagslegar áskoranir

Ágrip

Lang stærstur hluti akuryrkju er keyrður áfram með notkun tilbúins áburðar. Helstu næringarefni sem litið er til í áburði eru nitur (N), fosfór (P), kalí (K), kalk (Ca) og brennisteinn (S) ásamt fjölmörgum snefilefnum. Lífrænn úrgangur inniheldur þessi sömu næringarefni en er ekki besti áburður sem völ er á hvað varðar styrk næringarefna eða kostnaðar við nýtingu. Í ljósi þess að verð á tilbúnum áburði hefur tvöfaldast milli ára, að um takmarkaðar auðlindir er að ræða og óumhverfisvæna framleiðslu hans, þá er lífrænn úrgangur og hliðarafurðir vinnsla orðnar enn mikilvægari auðlindir sem vert er að nýta í auknum mæli.

Rannsóknar- og nýsköpunarverkefnið Sjálfbær áburðarframleiðsla – heildstæð nálgun á hringrásarhagkerfi var styrkt af Markáætlun Rannís í byrjun árs 2021 þar sem samstarfshópurinn kannar leiðir til að nýta staðbundnar lífrænar auðlindir, aukaafurðir úr ýmiskonar framleiðslu og ferla til að framleiða sjálfbæran áburð fyrir íslenskan landbúnað og landgræðslu. Þessi skýrsla er einn liður í verkefninu þar sem gerð var úttekt á þeim lífræna úrgangi sem fellur til á Íslandi, bæði út frá magni og næringarsamsetningu.

Markmið þessarar skýrslu voru eftirfarandi:

- Að bera kennsl á og reikna út magn lífræns úrgangs sem fellur til á Íslandi og gæti nýst í framleiðslu á áburði. reikna út magn lífræns úrgangs sem fellur til á Íslandi og gæti nýst í framleiðslu á áburði.
- Að reikna út magn næringarefna (NPK) í lífrænum úrgangi samkvæmt mælingum sem framkvæmdar voru í verkefninu ásamt innlendum og erlendum heimildum þar sem upplýsinga vantaði.
- Að koma með tillögur og greina hvar helstu tækifæri liggja í aukinni notkun á lífrænum úrgangi til áburðarframleiðslu á Íslandi.



Magn lífræns úrgangs frá dýrum var reiknað út frá fjölda dýra, fóðurþörfum þeirra og fóðurnýtingu. Við útreikninga á magni annarra lífrænna efna var stuðst við bókhald Umhverfisstofnunnar. Næringarinnihald lífrænna hráefna var fundið út ýmist með efnamælingum, heimildaleit eða hvoru tveggja.

Niðurstöður þessa verkhluta varpa ljósi á tækifæri til aukinnar nýtingar lífræns úrgangs til áburðar og þeim fyrirstöðum sem eru til staðar. Niðurstöður gefa til kynna að heildarmagn NPK næringarefna í lífrænum úrgangi sem fellur til á Íslandi eru í svipuðu magni og í innfluttum tilbúnum áburði en magn niturs er þó töluvert lægra. Hvað varðar tækifæri til aukinnar nýtingar ber helst að nefna fiskeldisseyru, sláturúrgang og alifuglaskít. Lífrænn úrgangur er oftast vatnsríkur og styrkur næringarefna lágur. Því þarf meira magn úrgangs með tilheyrandi flutningskostnaði eða frekari vinnslu til að fá svipuð áhrif og með innfluttum tilbúnum áburði.

Skilgreiningar

Búfjáraburður:	Saur og þvag búfjár sem fellur til meðan það er í húsi
FE:	Fóðureining – orkueining sem byggð er á þeirri orku sem er í 1 kg af byggi með 85% þurrefni
FEm:	Mjólkurfóðureining
Fiskeldisseyra:	Skítur og óétið fóður frá eldisfiskum
Grávatn:	Vatn frá þvottahúsum, eldhúsum og böðum
Innistöðudagar:	Dagar sem dýr eru inni í húsum þar sem hægt er að safna úrgangi
Moð:	Heyúrgangur
Molta:	Mold gerð úr rotnandi plöntuleifum, matarleifum og öðrum lífrænum úrgangi
Mykja:	Fjósaúrgangur svo sem skítur, þvag ásamt öðrum úrgangi úr fjósum eins og moð og hey
NPK:	Stendur fyrir næringarefnið nitur/köfnunarefni (N), fosfór (P) og kalí (K) í áburði
Seyra:	Föst efni sem botnfalla í rotþró
Skólp:	Mengað vatn sem veitt er í fráveitukerfi
Slóg:	Innvols úr fiski
Svartvatn:	Fast og fljótandi efni úr salernum sem skilið er frá grávatni í fráveitu húsa

1 Bakgrunnur

1.1 ÁBURÐUR Í AKURYRKJU OG LANDGRÆÐSLU

Áburður er undirstaða allrar akuryrkju í heiminum og lang stærstur hluti akuryrkju er keyrður áfram með notkun tilbúins áburðar. Uppistaðan í tilbúnum áburði eru nitur (N), fosfór (P), kalí (K), kalk (Ca) og brennisteinn (S) auk fjölmargra snefilefna. Hlutföllum efnanna er hagað á misjafnan hátt þannig að þau nýtist best þeirri ræktun sem unnið er að, en þarfir ræktunarplantna eru misjafnar. Áburðarfræðin í akuryrkju gengur út á að mata akurlendið með næringarefnum sem síðar eru fjarlægð við uppskeru. Hringurinn er stuttur og endurtekur sig við hverja uppskeru. Mikilvægt er að „mata“ landið með réttu næringarefnunum áður en næsta ræktun á sér stað. Ef þetta er ekki vandað, verður uppskeran rýr. Í landgræðslu horfir þetta aðeins öðruvísi við, því við endurheimt vistkerfa er verið að stýra og hraða náttúrulegrar framvindu með áburðargjöf en engin uppskera er fjarlægð. Áburðargjöf í landgræðslu er því til lengri tíma en í akuryrkju til styttri tíma. Þess vegna eru kröfur til áburðarins í landgræðslu aðrar s.s. að nota seinleystan áburð, öfugt við akuryrkju.

Þó að tilbúinn áburður sé uppistaðan í nútíma akuryrkju og hafi verið talsvert notaður til uppgræðslu, þá er töluvert notað af lífrænum efnum bæði í akuryrkju og uppgræðslu. Á Íslandi er öll kúamykja nýtt til túnræktar og að öllum líkindum allt sauðatað líka. Bændur sem stunda lífrænan landbúnað nota eðlilega allir lífrænan áburð í allri sinni ræktun en einnig nýta fjölmargir bændur allskyns lífrænan úrgang til uppgræðslu s.s. moð og heyrúllur.



Á undanförunum árum hefur Landgræðslan lagt áherslu á að auka nýtingu lífrænna efna til uppgræðslu og hefur notkunin aukist sexfalt síðan árið 2015 samkvæmt gögnum Landgræðslu. Lífrænn úrgangur af ýmsu tagi hentar vel til uppgræðslu og mikilvægt er að koma honum í farveg aukinnar nýtingar landinu til heilla. Stefna stjórnvalda hefur á síðustu árum orðið skýrari varðandi endurnýtingu og notkun lífrænna efna og kemur fram í stefnu umhverfis- og auðlindaráðherra í úrgangsmálum „Í átt að hringrásarhagkerfi“ (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið 2021). Þar stendur: „Að Ísland verði meðal leiðandi þjóða í loftslagsmálum og sjálfbærri nýtingu náttúruauðlinda til hagsbóta fyrir komandi kynslóðir. Í því augnamiði verði komið á virku hringrásarhagkerfi þar sem dregið verði verulega úr myndun úrgangs, endurvinnsla aukin og urðun hætt.“ Einnig er fjallað um nýtingu úrgangs sem auðlind (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið 2021).

1.2 HELSTU NÆRINGAREFNI Í ÁBURÐI

Margar breytur hafa áhrif á uppskeru, frjósemi og vöxt plantna. Þar má til dæmis nefna, efnainnihald jarðvegs, plöntutegundir, umhverfisaðstæður, efnasamsetningu áburðar, stein- og snefilefni í áburði og sýrustig jarðvegs. Það á hvaða formi næringarefni eru skiptir máli fyrir hversu auðvelt plantan á með að taka þau upp. Hversu ört þau eru borin á og hvort þau nýtast plöntunni eða skolist auðveldlega úr jarðvegi. Hvort þau bindast jarðvegi og eru þar með ekki aðgengileg plöntunni. Helstu næringarefni í áburði eru nitur (N), fosfór (P) og kalí (K) en það eru þau næringarefni sem mest er horft til í landbúnaði. Næringarefni finnst víða í náttúrunni og eru ýmist fengin úr námum, andrúmsloftinu eða með öðrum iðnaðarferlum. Engin nýmyndun á sér stað á fosfór (P) eða kalí (K) og því verður sífellt erfðara að nálgast þessi næringarefni. Í dag gengur maðurinn hratt á þær takmörkuðu auðlindir, og þá sérstaklega fosfór (P) (Schröder o.fl. 2010).

NITUR (N)

Nitur er nauðsynlegt í próteínframleiðslu og þar af leiðandi fyrir vöxt og þroska plantna. Mikið nitur er að finna í andrúmsloftinu en ekki á því formi sem plöntur geta nýtt sér. Bakteríur eru einu lífverurnar sem hafa þann hæfileika að binda nitur úr andrúmslofti og eru þær bæði að finna í jarðvegi og t.d. í rótarhnýðum belgjurtu. Fyrir utan hina náttúrulegu hringrás niturs er töluvert af nitri framleitt af mönnum til áburðarframleiðslu. Í dag er það að mestu framleitt með s.k. Haber-Bosch aðferð, þar sem vetni (frá gufu) og nitri (frá andrúmslofti) er bundið saman til að mynda ammóníak. Aðferðin var fundin upp árið 1908 af Fritz Haber og þróuð fyrir iðnaðarskala af Carl Bosch (Janovic og Jukic, 2018). Það krefst mikillar orku og í dag fer mikið jarðefnaeldsneyti til

þeirrar orkuframleiðslu. Talið er að rekja megi um 1% af heildar losun CO₂ í heiminum til framleiðslu á nituráburði (Brown, 2016).

FOSFÓR (P)

Fosfór hefur verið skilgreint sem „critical raw material“ og eru mjög fáar fosfórnamur að finna í Evrópu. Því reiðir Evrópa sig alfarið á innflutning og er þ.a.l. viðkvæm fyrir markaðssveiflum, efnahags- og stjórnmálakreppum (EU, 2020 og Krüger og Adam, 2017). Fosfór finnst ekki sem hreint efni í náttúrunni. Efnið er unnið úr bergi og er helst notað í áburðarframleiðslu (Smol, 2019). Það er til umræðu hvort að námugróftur eftir fosfór sé að ná hámarki en ekki er vitað nákvæmlega hvenær það mun gerast (Cordell o.fl., 2009 og Schröder o.fl. 2010). Þörfin fyrir fosfór hefur aukist og mun aukast enn meira á komandi árum vegna fólksfjölgunar (Krüger og Adam, 2017). Þessi aukna þörf og takmarkað aðgengi Evrópu að fosfór getur því haft verulega neikvæðar afleiðingar fyrir matvælaframleiðslu og fæðuöryggi. Í ljósi þess er mikilvægt að reyna að finna þessi næringarefni í nærumhverfinu t.d. með aukinni nýtingu lífræns úrgangs og koma þeim aftur inn í hringrásina. Þannig má takmarka þörfina fyrir tilbúinn áburð sem framleiddur er með ósjálfbærum hætti (Schröder o.fl. 2010).

Flest vestræn ríki nýta fosfór með ósjálfbærum hætti og þetta á einnig við flest ríki Evrópusambandsins. Meiri fosfór er fluttur inn heldur en er fluttur út og því safnast fosfór fyrir innan sambandsins. Greining sem birt var árið 2016 sýnir t.d. að um einn þriðji af öllum innfluttum fosfór endar í skólpi í fráveitukerfum sambandsríkjanna og fjórðungurendar sem matarúrgangur af ýmsu tagi (Van Dijk o.fl. 2016). Gerð var greining á fosfórjöfnuði Íslands 2014 sem

sýndi að af um 5.100 tonnum af innfluttum fosfór í formi áburðar og matvæla árið 2014, var einungis um 1.500 tonn af fosfór í útfluttum afurðum, sem þýðir að fosfórjöfnuður Íslands var þá jákvæður um 70% (Magnús H. Jóhannsson, o.fl., 2017). Staða endurnýtingar á fosfór er misjöfn eftir löndum, en talsverðar framfarir hafa orðið á tækni við slíkt. Engin sérstök tækni er notuð hérlendis við endurnýtingu á fosfór, en auðvelt er að endurnýta hann einfaldlega með því að nýta lífræn úrgangsefni sem áburð t.d. til uppgræðslu á landi í slæmu ástandi eða í akuryrkju þar sem það á við.

KALÍ (K)

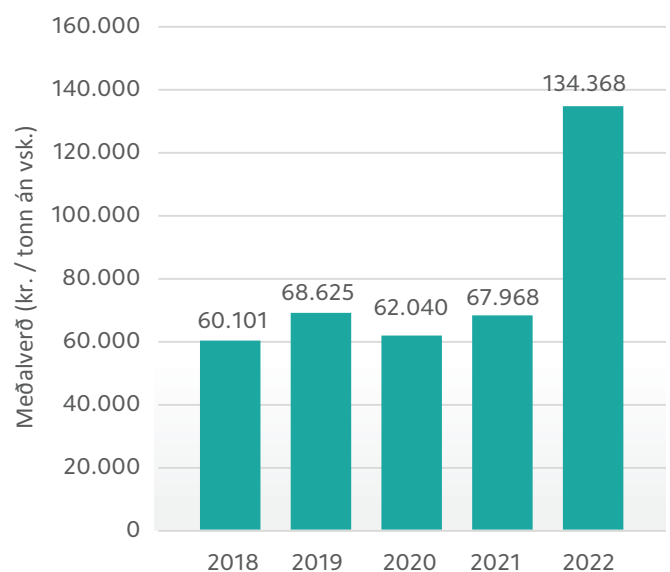
Kalí eða Kalíum í áburði er yfirleitt af tveim gerðum, annað hvort kalí bundið klóríði eða súlfati. Kalí bundið klóríði er mun algengara form af K áburði en það fer eftir því hvernig jarðvegurinn er, hvor blandan hentar betur. Kalíumklóríð (KCl) er fengið úr námum með stærstu námurnar í Canada, Rússlandi og Hvíta-Rússlandi á meðan kalíumsúlfat (K_2SO_4) er framleitt í verksmiðjum og hentar betur þar sem jarðvegur er hár í salti, t.d. við þurrar aðstæður. Kalíumklóríð er mun ódýrari og er algengasta formið af K áburði. Fleiri gerðir eru til eins og kalíum nítrat (KNO_3) en sá áburður er aðallega notaður í ræktun í gróðurhúsum (Scherer, 2005).

1.3 EFNAHAGSLEG ÁHRIF

Mest af innfluttum tilbúnum áburði hérlendis fer til ræktunar matvæla. Heildarmagn innflutts áburðar var að meðaltali um 16.000 tonn á ári (samanlagt magn hreinna áburðarefna) sé miðað við síðustu 10 ár (2011-2020) (Hagstofan, 2021), en af þessu magni voru um 825 tonn, eða um 5%, notuð til uppgræðslu og annarra landbótaverkefna.

Áburðarverð er breytilegt eftir árum en það ræðst fyrst og fremst af olíuverði á heimsmarkaði sem hefur svo bein áhrif á afkomu í landbúnaðargeiranum. Áburðarverð hefur svipuð áhrif á landgræðslu almennt, en veldur því einfaldlega að minni áburður er keyptur og flatarmál uppgræðslulands verður minna. Með hækkandi áburðarverði eykst eftirspurn eftir öðrum áburðartegundum (t.d. kjötmjöli) og myndar þrýsting á að auka enn frekar notkun lífræns úrgangs. Áburðarvísitala Alþjóðabankans hefur hækkað um 93% frá lokum síðasta áburðartímabils (Matvælaráðuneytið, 2022). Innlend framleiðsla á nitri, eins og rannsökuð er í öðrum hluta þessa verkefnis af Atmonia ehf., gæti því haft mjög jákvæð áhrif á innlendan landbúnað og landgræðslu.

Verð á tilbúnum áburði hækkaði mikið í byrjun árs 2022 og ef litið er á meðalverð alls áburðar sem er á markaði hér á landi hefur hækkunin verið um 98% á milli árána 2021 og 2022 (mynd 1) (Ráðgjafamiðstöð Landbúnaðarins, Á.á.)



Mynd 1. Meðalverð (kr./tonn án vsk.) á tilbúnum áburði frá 2018-2022. (Ráðgjafamiðstöð landbúnaðarins, Á.á.)

Kostnaður við kaup á áburði er, oftar en ekki, einn stærsti útgjaldaliður bænda og því er alveg ljóst að 98% hækkun getur sett verulegan halla á reksturinn. Þá ber að athuga að þessi prósentutala miðast við meðaltal alls áburðar á markaði, en margar algengar tegundir geta verið að hækka allt að 120%. Matvælaráðuneytið kom til móts við bændur vegna aukinna útgjalda við áburðarkaup með þeim hætti að ráðstafa 700 m.kr. framlags í fjárlögum 2022, þar sem 650 m.kr. fóru í beinan stuðning við bændur en 50 m.kr. í sérstakt átak um bættu nýtingu áburðar og leiðir til að draga úr notkun hans (Matvælaráðuneytið, 2022). Í ljósi stríðsástands í Úkraínu og fleiri þátta, má fastlega gera ráð fyrir því að tilbúinn áburður eigi eftir að hækka enn meira í náinni framtíð og líkur eru á því að frekari verðhækkun áburðar leiði af sér minni áburðarkaup bænda, sem gæti skilað sér í minni uppskeru og hærra verði landbúnaðarafurða.

1.4 UMHVERFISÁHRIF

Drátt fyrir að áburðarnotkun geti aukið uppskeru og frjósemi jarðvegs, getur hún einnig haft skaðleg áhrif á umhverfið séu næringarefni til staðar í of miklu magni. Sé ekki vel að gætt getur jarðvegurinn ýmist endað næringarsnaudari en hann var áður en landið var tekið til notkunar, eða yfirmettaður af næringarefnum með þeim afleiðingum að jarðvegurinn mengast, næringarefnin geta þá tapast út í andrúmsloftið eða í nærliggjandi vatnakerfi og hafsvæði. Vatnsmengun af völdum áburðaeigna getur verið tvennskonar, mengun grunnvatns sem verður vegna niðursigs efnanna og mengun straum- og stöðuvatna vegna afrennslis. Slík áburðarmengun vegna ofnotkunar tilbúins áburðar, óvarlegs flutnings eða geymslu, getur m.a. leitt til ofauðgunar næringarefna í landbúnaðarlandi og í kringum þau. Séu aðstæður réttar getur ofauðgun

valdið skyndilegum og hömlulausum vexti þörunga s.k. þörungablóma (e. eutrophication) í vatnakerfum og hafsvæðum. Slíkir atburðir geta valdið ójafnvægi í nærliggjandi vistkerfum, eitrunaráhrifum og jafnvel súrefnisþurrð. Það er því mikilvægt að leggja áherslu á rétta meðhöndlun áburðar og ábyrgja áburðagjöf svo næringarefni nýtist vel og tapist ekki út í umhverfið.

Landbúnaður stendur fyrir um 11-15% af útblæstri gróðurhúsalofttegunda á heimsvísu (Carlson o.fl. 2017). Íslenskur landbúnaður var uppspretta um 13% af heildarlosun Íslands árið 2019 eða 619 kt CO₂ ígildi og hefur dregist lítillega saman frá árinu 1990 (Umhverfisstofnun, 2019). Inni í þeirri tölu er ekki kolefnislosun frá áburðarframleiðslu enda er engin framleiðsla á áburði hér á Íslandi.

Flutt voru inn til Íslands u.p.b. 54 þús. tonn af tilbúnum áburði árið 2020 og ætla má að losun vegna framleiðslu hans hafi verið samtals um 51 þús. tonn CO₂ ígilda (stuðull: 0,95 tonn CO₂/tonn áburðar) (Magnús H. Jóhannsson o.fl. 2021). Í skýrslu Jóns Guðmundssonar 2016 kemur fram að kolefnisspor áburðar sem fluttur var til landsins árið 2014 hafi verið 120 þús. tonn CO₂ ígilda (stuðull: 1,6 tonn CO₂/tonn áburðar) en þá voru flutt inn um 72 þús. tonn af tilbúnum áburði. Nokkur munur er á stuðlunum fyrir kolefnissporið sem skýrist fyrst og fremst af bættum framleiðsluferlum fyrirtækja í áburðarframleiðslu, þar sem markvisst hefur verið unnið að því að draga úr kolefnisspori hennar (Hoxha og Christensen 2019).

Kolefnisspor af notkun tilbúins áburðar einskorðast ekki við framleiðslu hans, heldur þarf að taka til greina kolefnisspor vegna flutnings, dreifingar og losunar nituroxíða eftir dreifingu. Ætla má



að heildarlosun vegna nýtingar tilbúins áburðar árið 2020 að meðtalinni framleiðslu, flutningi og dreifingu hafi verið um 120 þús. tonn CO₂ ígilda (Magnús H. Jóhannsson o.fl. 2021). Vert er að taka fram að loftslagsáhrif tilbúins áburðar einskorðast ekki við CO₂ því mikið af öðrum lofttegundum losna frá landbúnaði s.s. metan (CH₄) og glaðloft (N₂O), en báðar þessara lofttegunda koma m.a. til vegna notkunar og meðhöndlunar á tilbúnum áburði og búfjáráburði. Til einföldunar, eru loftslagsáhrif þessara lofttegunda tekin með í alla útreikninga og sett fram sem „CO₂ ígildi“.

Það er því ljóst að með bættri nýtingu og meðhöndlun búfjáráburðar, sem og tilbúins áburðar, eru fjölmörg tækifæri til þess að draga úr neikvæðum loftslagsáhrifum frá íslenskum landbúnaði. Í Aðgerðaáætlun Íslands í loftslagsmálum er að finna aðgerðir sem miða að því að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda vegna áburðarotkunar hér á landi, m.a. með því að bæta skráningu hans, bæta meðferð búfjáráburðar og greina tækifæri til bættrar nýtingar tilbúins áburðar (Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, 2021).

1.5 LÍFRÆNN ÚRGANGUR Á ÍSLANDI, UPPRUNI OG KORTLAGNING

Notkun lífræns úrgangs er ekki ný á nálinni og hafa umræður um nýtingu á lífrænum úrgangi og hliðarafurðum lengi verið í umræðunni. Markmið þess verkefnishluta sem hér er lýst eru greinargóð gögn um magn lífræns úrgangs sem fellur til frá meðal annars íbúum, búpeningi og eldisdýrum á Íslandi, ýmsar hliðarafurðir og greining á nýtingarmöguleikum þessa efnis. Umhverfisstofnun og Hagstofan bera ábyrgð á að safna og geyma gögn af þessu tagi. Umhverfisstofnun heldur utan um magn úrgangs og meðhöndlun hans, samkvæmt lögum um meðhöndlun úrgangs nr. 55/2003. Þess má geta að aukaafurðir framleiðslu flokkast ekki undir úrgang, eins og t.d. framleiðsla á kjötmjöli úr sláturúrgangi og eru því ekki inni í tölum Umhverfisstofnunar. Hagstofan vinnur úr þessum upplýsingum og birtir í gagnagrunni þar sem m.a. má skoða breytingar á milli ára. Vandinn við þessi gögn er að þau henta markmiðum þessa verkefnis ekki nema að hluta. Því var ákveðið að reikna út áætlað magn lífræns úrgangs frá búpeningi og eldisdýrum út frá fjölda þeirra, fóðurþörf, fóðurnýtingu og reikna út áætlað magn úrgangs sem frá þeim kemur.

2 Aðferðafræði

2.1 ÚTREIKNAD MAGN LÍFRÆNNA HRÁEFNA

Útreikningar á magni lífrænna efna sem falla til frá dýrum á Íslandi byggjast á fjölda dýra, fóðurþörfum þeirra og fóðurnýtingu. Í tilfelli búfjár er notast við fóðureininguna FE til að áætla magn þurrefnis í fóðri. FE er orkueining sem byggð er á þeirri orku sem er í 1 kg af byggi með 85% þurrefni. Þessi eining er mikið notuð til að áætla orkuinnihald í fóðri en í þessari úttekt er hún notuð til þess að áætla magn þurrefnis í fóðri húsdýra. Stuðst er við meltanleikarannsóknir og fjölda innistöðudaga til að meta hversu stór hluti þurrefnis fellur til sem skítur og hvað skepnan nýtir til vaxtar og viðhalds. Við útreikninga á magni fiskeldisseyru sem fellur til frá fiskeldi (bæði land- og sjóeldi) á Íslandi eru útflutningstölur á eldisfiski bornar saman við meltanleikarannsóknir og fóðurstuðul. Við útreikninga á magni annarra lífrænna efna, svo sem úrgangs frá mönnum, sláturúrgangs og kjötmjöls er stuðst við bókhald Umhverfisstofnunar (Umhverfisstofnun, 2021).

2.2 NÆRINGARINNIHALD LÍFRÆNNA HRÁEFNA

Mat á næringarsamsetningu lífrænu hráefnanna byggir að mestu leyti á efnagreiningum sem framkvæmdar voru í verkefninu. Þar að auki voru nýttar heimildir þar sem upplýsingar skorti. Í þessari úttekt eru tekin fyrir þrjú helstu næringarefnin NPK.

2.3 KRÖFUR TIL VINNSLU AUKAAFURÐA DÝRA

Aukaafurðir dýra eru skilgreindar sem hráefni sem ekki er ætlað til manneldis og geta verið hugsanleg áhætta fyrir lýðheilsu og heilsu dýra. Aukaafurðirnar eru flokkaðar í þrjá mismunandi flokka eftir áhættu (Matvælastofnun, 2020). Í áhættuflokk 1 eru efni sem mikilvægt er að halda fjarri fæðukeðju manna og dýra. Slík efni samanstanda fyrst og fremst af dýrum eða hlutum dýra sem grunur er á um að séu sýkt af bráðsmitandi heilahrörnun (TSE) eða menguð af óleyfilegum efnum. Í áhættuflokk 2 falla öll efni sem ekki falla undir flokk 1 eða 3. Dæmi um áhættuefni eru húsdýraúrgangur og innihald meltingarvegar, aukaafurðir dýra sem innihalda lyflaleifar eða mengandi efni yfir leyfilegum mörkum, dýr eða hlutar dýra sem deyja á annan hátt en við slátrun til manneldis, o.fl. Áhættuflokkur 2 er því safnflokkur fyrir afurðir sem eru ekki skilgreindar í hina áhættuflokkana. Í áhættuflokk 3 eru efni sem bera litla áhættu og hægt að nota þau í fæðukeðjunni sem fóður fyrir dýr sem framleiða matvæli. Flokkurinn inniheldur í grunnin dýr eða hluta dýra sem teljast hæf til manneldis en af viðskiptalegum ástæðum á ekki að nýta til manneldis. Dæmi um efni í áhættuflokk 3 eru húðir, skinn, hófar, horn, fjaðrir, blóð frá öðrum dýrum en jórturdýrum, eldhúsúrgangur eða matarafgangar frá heimilum og veisluþjónustum, gæludýrafóður, sjávardýr og hlutar þeirra að undanskildum sjávarspendýrum sem ekki hafa sýnt merki um sjúkdóma. Ef efnum úr mismunandi áhættuflokkum er blandað saman, fellur blandan alltaf undir þann flokk sem var áhættumeiri.

2.4 KOLEFNISSPOR OG KOSTNAÐUR

Í allri umræðu um aukna nýtingu á lífrænum úrgangi til áburðargjafar er mikilvægt að greina kostnað við nýtinguna og leggja mat á kolefnisspor hennar. Á vordögum 2021 birti Landgræðslan reiknivél á vefsíðu sinni (www.land.is) sem gerir þessa útreikninga mögulega (Magnús H. Jóhannsson o.fl. 2021). Reiknivélin byggir á gögnum sem safnað var frá fjölmörgum aðilum og lýsa kostnaði og kolefnisspori við framleiðslu, flutning og dreifingu tilbúins og lífræns áburðar. Hægt er að skoða niðurstöðurnar eftir fjórtán mismunandi gerðum lífræns úrgangs sem hver fyrir sig er borin saman við niðurstöður, ef notaður væri tilbúinn áburður í staðinn. Notandi reiknivélarinnar breytir forsendum um flutningsvegalengdir fyrir áburðinn, stærð uppgræðslusvæða og magn niturs á flatareiningu. Þar sem niðurstöður ráðast af þeim forsendum sem lagðar eru til grundvallar, verður að fara varlega í að alhæfa um niðurstöðurnar.



3 Niðurstöður

3.1 Útreiknað magn: Búfjárúrgangur

Nautgripamykja

Mykja frá nautgripum er stærsta uppspretta búfjáraburðar á Íslandi og líta bændur á mykju sem verðmætan áburð. Þó ber að hafa í huga að uppruni þessara næringarefna er að mestu leyti úr innfluttum tilbúnum áburði og innfluttu kjarnfóðri. Í töflu 1 má sjá fjölda gripa á Íslandi árið 2019, þurrefnaþörf hvers dýrs á dag, meltanleika þurrefnis, innistöðudaga, heildar magn þurrefnis á ári og þurrefnisinnihald (Bjarni Guðmundsson, 1997; Gunnar Guðmundsson, 2002; Jóhannes Sveinbjörnsson og Bragi Línald Ólafsson, 1999; Gunnar Ríkharðsson, 2000).

Mykja frá nautgripum er að lang stærstum hluta nýtanleg. Mykja frá nautgripum sem standa á húsi er að öllu leyti nýtt í dag við túnrækt og er mikilvægt hráefni í fóðurframleiðslu.

Mykja frá nautgripum er vatnsmikil þar sem hún er ekki aðskilin vatni sem notað er við þrif og því er styrkleiki næringarefna lágur. Það veldur því að mikið magn mykju þarf að bera á hvern hektara til að ná viðunandi magni af næringarefnum.

Tafla 1 – Niðurstöður greininga á fjölda, fóðrun og magn skíts frá nautgripum árið 2019.

Tegund	Fjöldi 2019	Fóður kg þ.e. á dag á dýr	Meltanleiki þ.e. %	Skítur kg þ.e. á dag á dýr	Innistöðudagar	Þurrefni tonn á ári	% þ.e. í hráefni
Mjólkurkýr	26.217	11,30	71%	3,28	255	21.908	7%
Holdakýr	2.891	12,24	71%	3,55	365	3.746	7%
Kvígur	6.504	4,12	71%	1,20	365	2.838	7%
Geldneyti	23.043	6,50	71%	1,89	300	13.031	7%
Kálfar	22.217	3,00	71%	0,87	365	7.055	7%

Tafla 2 – Niðurstöður greininga á fjölda, fóðrun og magn skíts frá sauðfé árið 2019.

Tegund	Fjöldi 2019	Fóður kg þ.e. á dag á dýr	Meltanleiki þ.e. %	Skítur kg þ.e. á dag á dýr	Innistöðudagar	Þurrefni tonn á ári	% þ.e. í hráefni
Sauðfé	415.949	0,78	61%	0,31	180	23.068	38%

Sauðatað

Á Íslandi eru um 416 þúsund kindur á vetrarfóðrum (Hagstofan, 2021). Magn taðs sem fellur til hjá vetrarfóðruðum kindum er fundið út frá mjólkurfóðureiningu (FEm) og meltanleika. Hver lembd kind þarf um 0,92 FEm/dag sem samsvarar 0,78 kg þurrefnis á dag. Um 61% þess þurrefnis nýtist kindinni og 39% skilar hún frá sér (Anna Guðrún Þórhallsdóttir og Tryggvi Eiríksson, 1996). Tafla 2 sýnir útreikninga á magni taðs frá sauðfé árið 2019.

Sauðatað er mikilvægt áburðarefni sem alla jafna er nýtt á tún, akra og til landbóta.

Hrossatað

Árið 2019 voru skráð á Íslandi um 65 þúsund hross. Reikna má með að þau séu þó eitthvað fleiri þar sem að skráningu hrossa er í einhverjum tilvikum ábótavant. Hægt er að nýta hrossatað þegar hrossum er haldið á húsi. Ekki eru til opinberar tölur um fjölda hrossa á húsi ár hvert, en í þessari úttekt er gert ráð fyrir að 10% skráðra hrossa séu nýtt sem reiðhross og standi inni að meðaltali fjóra mánuði á ári. Efnainnihald hrossataðs getur verið nokkuð breytilegt og fer það mikið eftir magni undirburðar. Þurrefnaþörf hrossa er reiknuð út frá orkuþörf minni hestakynja samkvæmt evrópska fóðurmatskerfinu og leiðrétt fyrir þurrefnisinnihaldi fóðurs: þurrefni = $0,85 * 0,037 * 10,75$ þar sem 0,85 stendur fyrir þurrefnisinnihald fóðurs og 10 stendur fyrir þunga hestsins í kg. Miðað er við að meðalþyngd hrossa sé 370 kg og að meltanleiki þurrefnis sé 55,4% (Anna Guðrún Þórhallsdóttir og Tryggvi Eiríksson, 1996).

Hrossatað er ekki ríkt af næringarefnum og þar sem notkun á spæni og sagi sem undirburð undir hross er talsverð, rýrnar áburðargildi taðsins. Taðið má þó hæglega nota til uppgræðslu.



Svínaskítur

Á Íslandi voru árið 2019, skráðar rúmlega þrjú þúsund gyltur og var 79 þúsund grísum slátrað það árið (Hagstofan, 2021.). Hver og ein gyllta étur um 2,5 kg af þurrefni á dag og skilar 20% þess frá sér. Sláturgrísir eru aldir í 6 mánuði og éta um 1,8 kg þurrefni á dag og skila 20% frá sér (Pétur Sigtryggsson 1995; Bastianelli o.fl. 2015).

Tafla 3 – Niðurstöður greininga á fjölda hrossa, fóðrun þeirra og magn skíts árið 2019.

Tegund	Fjöldi 2019	Fóður kg þ.e. á dag á dýr	Meltanleiki þ.e. %	Skítur kg þ.e. á dag á dýr	Innistöðudagar	Þurrefni tonn á ári	% þ.e. í hráefni
Hross	6.468	2,65	55%	1,18	120	918	38%

Tafla 4 – Niðurstöður greininga á fjölda gyltna og sláturgrísa, fóðrun þeirra og magni skíts árið 2019.

Tegund	Fjöldi 2019	Fóður kg þ.e. á dag á dýr	Meltanleiki þ.e. %	Skítur kg þ.e. á dag á dýr	Innistöðudagar	Þurrefni tonn á ári	% þ.e. í hráefni
Gyltur	3.155	2,55	80%	0,51	365	587	5%
Sláturgrísir	79.000	1,79	80%	0,36	180	5.077	5%



Hænsna og kjúklingaskítur

Á Íslandi eru aldir bæði varpfuglar og alifuglar. Varphænsn eru alin í búrum á meðan alifuglar eru í flestum tilvikum aldir í opnum rýmum á undirburði yfir skamman tíma. Samkvæmt Hagstofunni (Hagstofan, 2021) voru um 205 þúsund varphænsni á Íslandi 2019 og 5,8 milljónum alifugla slátrað. Miðað er við 40 daga lífaldur þeirra, og samkvæmt Poulsen (2010) skila alifuglar með undirburði frá sér um 0,024 kg af þurrefni á dag og varphænsni um 0,049 kg þurrefnis á dag.

Minkaskítur

Árið 2019 voru um 12 þúsund minnkar skráðir á Íslandi. Hver minkur skilar um 0,1 kg af þurrefni frá sér á degi hverjum (Sveinsson, 2021; Poulsen, 2010). Þetta gera um 430 tonn af þurrefni eða um 3,6 þúsund tonn af minkaskít.

Minkaskítur er töluvert nýttur í jarðrækt. Skítinn má nýta frá 15. mars til 1. nóvember ár hvert, þegar jarðvegur er ófrosinn (Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga, 2019)

Tafla 5 – Niðurstöður greininga á fjölda varphænsna og alifugla, fôðrun þeirra og magni skíts árið 2019.

Tegund	Fjöldi 2019	Skítur kg þ.e. á dag á dýr	Innistöðudagar	Þurrefni tonn á ári	% þ.e. í hráefni
Varphænsni	205.079	0,049	365	3.675	85%
Alifuglar	5.809.373	0,024	40	5.661	67%

Tafla 6 – Niðurstöður greininga á fjölda minka og magni skíts árið 2019.

Tegund	Fjöldi 2019	Skítur kg þ.e. á dag á dýr	Innistöðudagar	Þurrefni tonn á ári	% þ.e. í hráefni
Minkar	11.763	0,1	365	429	12%

3.2 Útreiknað magn: Annar úrgangur

Fiskeldisseyra

Fiskeldi á Íslandi hefur vaxið mikið frá árinu 2015 og eru áætlanir um að auka enn frekar við framleiðslu á eldisfiski. Alls voru framleidd um 27 þúsund tonn af laxi árið 2019 og um 7 þúsund tonn af bleikju og regnbogasilungi (Hagstofan, 2021.). Lang stærstur hluti þessarar framleiðslu fer fram við strendur landsins og því er aðgengi að fiskiseyrunni mjög takmarkað.

Lífsskeið eldislaxa byrjar á landi í seiðaeldisstöðvum. Þar eru þeir aldir upp í um 2% af sláturþyngd og síðan færðir út í sjókvíar. Regnbogasilungur og bleikja eru almennt alin í landeldisstöðvum upp í sláturstærð. Í landeldisstöðvum er fasta efninu eða seyrunni ýmist safnað í tanka og urðuð eða að henni er veitt út í sjó og fráveitu. Stærstur hluti strandeldisstöðva sem ala fisk í saltvatni skila föstu efni út í sjó.

Tafla 7 sýnir árlega framleiðslu á eldisfiski á landi, fódurstuðul, meltanleika þurrefnis og út reiknað magn þurrefnishluta fiskeldisseyru (Jónína Þ. Jóhannsdóttir o.fl., 2014).

Fiskeldisseyra sem fellur til á landi er að miklu leyti veitt í sjóinn í dag en hún er vel nýtanleg. Mykja frá strandeldisstöðvum inniheldur salt sem ekki er æskilegt í áburði í miklu magni. Sér í lagi ef einungis



saltblönduð seyra er notuð á sama stað ár eftir ár. Hægt er að gera ráðstafanir eins og að skola út salti en við það myndu þó einhver næringarefni tapast í leiðinni.

Með núverandi eldistækni er ekki unnt að nýta seyru sem fellur til í sjókvíum. Í landeldisstöðvum getur auk þess reynst erfitt að nýta öll næringarefni sem falla frá fisknum. Stór hluti næringarefna er vatnsleysanlegur og tapast í vatnið. Ekki er unnt að meta hversu stór hluti tapast en einfaldast er að miða við efnagreiningar á fiskeldisseyru til að meta magn næringarefna hverju sinni.

Tafla 7 – Niðurstöður greininga á vexti, fódrun og magn fiskeldisseyru á Íslandi árið 2019.

Tegund	Vöxtur 2019 tonn	Kg fódur þ.e. / kg vöxt	Meltanleiki þ.e. %	Þurrefni tonn á ári	% þ.e. í hráefni
Laxa/seiðaeldi á landi	2.039	1,03	78%	460	8%
Bleikja	6.322	1,08	74%	1.775	8%
Regnbogasilungur	299	0,90	74%	70	8%
Laxeldi í sjó	24.918	1,03	78%	5.624	8%

Slóg

Á Íslandi fellur til töluvert magn af slógi. Um 400 þúsund tonn af þorski, ýsu og ufsa eru dregin á land ár hvert. Slóghlutfall í þessum tegundum er um 16%, þar af er lifur og hrogn um 8% en þau eru almennt nýtt til manneldis ef kostur er. Þegar slóg úr hvítfiski er nýtt er það ýmist fryst og selt sem fóður fyrir mink, það melt í tanka með notkun sýru og ensíma eða sent í bræðslu. Stærstur hluti slógs úr hvítfiskafla fer í sjóinn ár hvert og ekki er ólíklegt að um 40 þús. tonn fari fyrir borð. Dragróðrabátar eru þeir einu sem hafa leyfi til að landa óslægðum aflu.

Árið 2019 voru framleidd um 27 þúsund tonn af laxi. Slóg úr laxfiski er almennt nýtt, en slóghlutfall í laxi er um 12,5%. Stór hluti af laxaslógi er melt í tanka og flutt út til frekari vinnslu.

Slóg frá uppsjávarfiski er almennt nýtt í dag. Það er unnið í mjöl sem fer að mestu eða öllu leyti í fóðurframleiðslu fyrir eldisfisk.

Með aukinni nýtingu á slógi um borð í veiðiskipum er hægt að auka verulega við það magn sem nýtt er ár hvert. Gera þarf töluverðar ráðstafanir um borð í veiðiskipum sé ætlunin að landa öllu slógi. Meiri ávinningur er að vinna slóg til fóðurgerðar samanborið við áburð en með auknum kostnaði tilbúins áburðar gæti verðmunurinn minnkað.

Tafla 8 – Niðurstöður greininga á magni slógs úr fiski 2019.

Tegund	Þurrefni tonn á ári	% þ.e. í hráefni
Slóg úr hvítfiski	2.000	20%
Slóg úr laxi	674	20%
Slóg í hafid	8.000	20%



Kjötmjöl

Kjötmjöl er framleitt úr sláturúrgangi sem fellur til í sláturhúsum og við matvælavinnslu. Leyfilegt er að nýta dýraúrgang úr áhættuflokkum 2 og 3 til vinnslunnar. Ekki má vinna kjötmjöl úr áhættuflokki 1 vegna smithættu.

Orkugerðin er eina fyrirtækið á Íslandi sem framleiðir kjötmjöl. Síðustu ár hefur verið framleitt kjötmjöl úr um 3.000 - 5.000 tonnum af hliðarafurðum á ári. Við vinnslu hliðarafurðanna til kjötmjölsgerðar eru um 60-70% sem verður að gufu við suðu en það efni sem eftir verður er um 14% fita og 18% mjöl (Orkugerðin ehf, 2020). Kjötmjölið hefur að stærstum hluta verið nýtt til landgræðslu eða skógræktar en fitan sem fellur til er ekki nýtt í áburð. Árið 2021 var framleiðsla kjötmjöls um 900 tonn (tafla 9) (Ólafur Wernersson, munnl. heimild 21.03.2022).

Tafla 9 – Niðurstöður greininga á framleiðslumagn kjötmjöls á árinu 2021.

Tegund	Þurrefni tonn á ári	% þ.e. í hráefni
Kjötmjöl	900	96%

Matarsóun

Matarsóun er sóun á mat sem ekki er borðaður. Orsakir matarsóunar eru fjölmargar og eiga sér stað í allri virðiskeðjunni. Hjá framleiðendum, vinnslu, dreifiaðilum, smásölu og við neyslu hvort sem um er að ræða rekstraraðila, skóla eða heimili.

Samkvæmt Matvæla- og landbúnaðarstofnun Sameinuðu þjóðanna (FAO, 2011) er talið að um þriðjungur alls matar sé sóað á einn eða annan hátt. Samkvæmt úttekt Umhverfisstofnunar er talið að um 177 þús. tonnum af matvælum sé sóað á Íslandi á ári hverju, þar af um 83 þús. tonn frá heimilum og 94 þús. tonn frá fyrirtækjum og stofnunum (Margrét Einarsdóttir, Guðmundur B. Ingvarsson, 2016). Hráefnin eru langt frá því að vera einsleit og því getur reynst erfitt að meta næringarinnihald þeirra.

Umhverfisstofnun heldur utan um magn matarúrgangs frá eldhúsum og verslunum. Um er að ræða hráefni sem safnað er sérstaklega og aðskilið frá almennu sorpi en rekstraraðilum ber ekki skylda til þess að flokka matarúrgang sérstaklega. Um 10 þús. tonn af flokkuðum matarúrgangi falla til frá eldhúsum og verslunum og er stærstur hluti hans jarðgerður í dag (Umhverfisstofnun, 2021). Gera má fastlega ráð fyrir að töluvert magn af matarúrgangi frá fyrirtækjum sé ekki flokkaður sérstaklega og fari því með almennu sorpi.

Tafla 10 – Niðurstöður greininga á úrgangi vegna matarsóunar 2019.

Tegund	Heildarmagn (tonn á ári)	Magn þurrefnis (tonn á ári)	Þurrefni (%)
Matarsóun	177.000	61.950	35
Matarúrgangur	10.000	3.500	35



SKÓLP OG SEYRA

Í skólpi er að finna mikið magn næringarefna sem mögulegt væri að nota ef sett væru markmið þess efnis. Hins vegar eru innviðir fráveitukerfa á Íslandi þannig að á flestum stöðum er nær ómögulegt að safna næringarefnunum saman til nýtingar. Það eru samt örfáar undantekningar. Á nokkrum stöðum á landinu eru skólphreinsistöðvar sem bæði hreinsa rusl frá og aðgreina fasta lífræna efnið úr skólpinu þannig að hægt er að verka það og nýta. Dæmi um slíkt er skólphreinsistöðin í Hveragerði, en þar hefur skólp verið hreinsað um árabíl. Nýlega var bætt við búnaði sem kalkar seyrana svo leyfilegt er að dreifa henni á yfirborð jarðvegs sbr. reglugerð um meðhöndlun seyru nr.799/1999. Reyndar hefur þessi seyra lítið verið nýtt, en það horfir til betri vegar. Kölkun af þessu tagi fer einnig fram á Flúðum, en síðan 2014 hafa sex sveitarfélög verið í samstarfi um söfnun og verkun rotþróarseyru sem síðan er nýtt til uppgræðslu á afrétti Hrunamannahrepps. Þessi dæmi sýna skýrt að hægt er að byggja upp innviði til að meðhöndla þessi efni og nýta. Í Skútustaðahreppi á Norðausturlandi hefur verið farin önnur leið, en það er að aðgreina svartvatn og grávatn í frárennslinu og nýta svartvatnið til uppgræðslu. Svartvatn er eingöngu vatnsblandaður klósettúrgangur, en grávatn er frárennslu frá þvottahúsum, eldhúsum og baðherbergjum. Svartvatnið í þessu tilfelli er fengið úr s.k. vacuum klósettum, sem sturta úrganginum niður með loftsogi og mjög litlu vatni. Svartvatnið er því vatnsminna og talsvert næringarríkara en ef það kæmi úr hefðbundnum klósettum.

Við útreikninga á magni skólps sem til verður á Íslandi, er stuðst við forsendur til útreikninga á hönnunarrennslu skólps fyrir fráveitukerfi OR, en reiknað er með að magn hússkólps frá hverjum íbúa sé að meðaltali 270 lítrar á dag, liggi ekki fyrir mælingar eða rökstuddar upplýsingar um annað (Hlöðver Stefán Þorgeirsson, 2020). Samkvæmt Hagstofunni bjuggu á Íslandi um 350 þúsund manns og árið 2019 voru gistinætur erlendra ferðamanna um 7 milljón talsins (Hagstofan, 2021).

Lífræna efnið í skólpinu, eða seyran, er fasta efnið sem verður til þegar búíð er að hreinsa frá ólífrænt rusl (ristarúrgang) og skilja vatn frá að miklu leyti. Seyru má nýta sem áburð eftir hreinsun og meðhöndlun og er hægt að nálgast í rotþróum og í skólphreinsistöðvum, en lang stærstur hluti seyru fer með skólpi út á haf. Erlendar rannsóknir sýna að hver einstaklingur skilar af sér 29g af þurrefni á degi hverjum að meðaltali, eða 126g/dag blautvigt (Rose, C. o.fl. 2015). Í dag er þetta hráefni ekki nýtt á Íslandi nema að mjög litlu leyti og stærsta hluta þess er veitt í haf. Til að reikna út magn saurs sem fellur til á Íslandi eru notaðar sömu forsendur og að ofan um skólpið (tafla 11). Miðað við þessar forsendur falla til um 17 þús. tonn af saur árlega, sem eru tæplega 4 þús. tonn þurrefni.

Tafla 11 – Útreikningar á magni skólps og seyru sem féll til árið 2019 á Íslandi.

Tegund	Sólarhringar	Magn skólps (l/dag/mann)	Magn saurs (g þ.e./dag)	Heildarmagn skólps (þús. tonn/ár)	Heildarmagn saurs (tonn blautvigt/ár)	Heildarmagn saurs (tonn þ.e./ár)
Íslendingar	127.750.000	270	29	34.493	16.096	3.705
Ferðamenn	7.316.651	270	29	1.975	921	212
Samtals				36.468	17.018	3.917



GÖGN FRÁ UMHVERFISSTOFNUN

Í gögnum frá Umhverfisstofnun má finna samantekt á meðhöndlun úrgangs fyrir 2019 (Umhverfisstofnun, 2021).

Undir dýrahæ flokkast bæði gæludýr frá einstaklingum og eldisdýr í landbúnaði, en ekki dýr sem slátrað hefur verið vegna dýrasjúkdóma. Aukaafurðir dýra eru flokkaðar í þrjá áhættuflokka sbr. kafla 3.3. Á árinu 2019 voru engin dýrahæ endurunnin en ekki eru til gögn um hversu stór hluti dýrahæja fellur til í áhættuflokka 2 og 3 og væru þar með endurnýtanleg. Í gögnum Umhverfisstofnunar voru um 1,7 þús. tonn af dýrahæjum sem féllu til á Íslandi árið 2019 og var öllum fargað.

Sláturúrgangur er hliðarafurð sem fellur til við slátrun og vinnslu á dýraafurðum og er vel nýtanleg. Ekki er um að ræða dýrahæ eða hráefni sem er nýtt til kjötmjölsframleiðslu heldur hráefni sem er jarðgert, brennt eða urðað. Í gögnum Umhverfisstofnunar var magn sláturúrgangs 2019 um 16 þús. tonn og einungis um 19% endurnýtt með jarðgerð en restinni var fargað. Ekki er ólíklegt að meira magni sé fargað en nauðsynlegt er þar sem áhættuflokkum er ekki haldið aðskildum (Mast, 2021).

Fiskiúrgangur er aukafurð við vinnslu á fiski, annað en slóg. Aukaafurðir frá fiskvinnslu er alla jafna hægt að vinna í verðmætar afurðir á borði við fóður og/eða afleiddar vörur til manneldis. Í sumum tilvikum eru gæði hráefnisins slík að ekki er unnt að nýta þær til frekari verðmætasköpunar. Samkvæmt gögnum Umhverfisstofnunar voru um 2,7 þús. tonnum af fiskiúrgangi fargað með urðun árið 2019.

Á Íslandi eru reknar brennslustöðvar sem brenna úrgang. Í brennsluofni safnast aska en hana þarf að fjarlægja. Við brunann þyrlast upp aska sem fer út með útblæstri. Þessi aska er kölluð flugaska en hún er aðskilin og henni safnað. Flugaskan er yfirleitt flutt út til frekari endurvinnslu á meðan botnaskan er alla jafna urðuð. Botnaskan inniheldur aðskotahluti á borð við gler og málma. Í gögnum Umhverfisstofnunar má sjá að leifar frá brennslu og hitasundrun úrgangs voru um 3,2 þús. tonn árið 2019. Þar af voru um 1,7 þús. tonn sem fóru í gegnum svokallaða aðra endurnýtingu en restin, eða um 1,5 þús. tonn fóru í urðun (tafla 12).

Tafla 12 – Gögn Umhverfisstofnunar um magn úrgangs sem var endurnýttur eða fargað árið 2019.

Tegund	Heildarmagn (tonn)	Þurrefni (%)	Endurnýting (tonn)	Förgun (tonn)
Dýrahæ	1.654	27	0	1.654
Sláturúrgangur	15.863	27	2.954	12.909
Fiskúrgangur	2.738	20	0	2.738
Leifar frá brennslu og hitasundrun úrgangs	3.220	90	1.686	1.534

3.3 Útreiknað magn næringarefna í lífrænum úrgangi

Næringarsamsetning lífræns úrgangs sem fellur til á Íslandi byggir að nokkru leyti á efnagreiningum sem gerðar voru í verkefninu ásamt innlendum og erlendum heimildum (tafla 13) og eru forsendur fyrir útreikninga á magni næringarefna sem finna má í úrgangnum (tafla 14).

Tafla 13 - Næringarinnihald í lífrænum úrgangi sem fellur til á Íslandi.

	Næringarinnihald (g/kg þ.e.)				Næringarinnihald (g/kg hráefni)				Heimild
	Heildar N	NH ₄ -N	P	K	Heildar N	NH ₄ -N	P	K	
Nautgripir	53	28	12	44	4	2	1	3	a
Kindur	35	8	6	30	13	3	2	11	b
Hross	33	8	7	52	13	3	3	20	b
Gyltur	90	73	20	39	5	4	1	2	c
Sláturgrísir	84	64	16	42	4	3	1	2	c
Varphænsni	31	1	12	18	28	1	10	15	d
Alifuglar	47	1	8	29	36	1	6	19	d
Minkar	74	53	23	15	9	6	3	2	c
Fiskeldisseyra	55	2	4	0	4	0	0	0	d
Slóg	69		7	8	14		1	2	e
Kjötmjöl	95	1	24	7	92	1	23	6	d
Saur frá mönnum	52		14	12	13		3	3	f
Skólp ¹					13		2		g
Matarsóun	26	0	7	5	9	0	2	2	h
Dýrahæ	95	1	24	7	26	0	6	2	d
Sláturúrgangur	95	1	24	7	26	0	6	2	d
Fiskúrgangur	52	0	16	2	10		3	0	i
Leifar frá brennslu	1	0	1	14	1		1	12	d

¹Næringarinnihald er sett fram sem g/tonn hráefni.

^aSvanhildur Ósk Ketilsdóttir og Þóroddur Sveinsson, 2010. ^bÞóroddur Sveinsson, 2021. ^cPoulsen, 2010. ^dMælingar. ^eRagnheiður Sveinþórsdóttir o.fl., 2017. ^fRose, C. o.fl. 2015, ^gBirgir Tómas Arnar og Vala Jónsdóttir o.fl. 2019. ^hGrigatti o.fl. 2020. ⁱJulia Prüter o.fl.2020

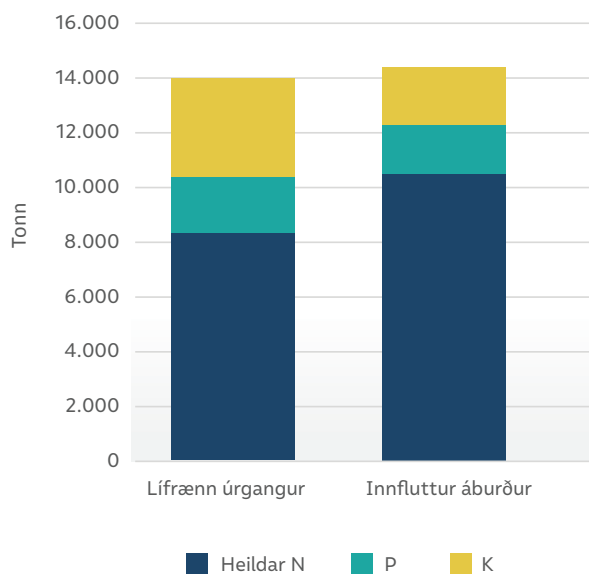
Tafla 14 - Útreiknað magn næringarefna í lífrænum úrgangi sem fellur til á Íslandi.

	Magn hráefni			Efnainnihald (g/kg þ.e.)			Næringarefni tonn/ári		
	Þurrefni tonn á ári	% þ.e í hráefni	Hráefni tonn	Heildar N	P	K	Heildar N	P	K
Nautgripir	48.581	7%	731.138	53	12	44	2.575	583	2.138
Sauðfé	23.068	38%	60.866	35	6	30	807	138	692
Hross	918	38%	2.423	33	7	52	30	6	48
Gyltur	587	5%	11.746	90	20	39	53	12	23
Sláturgrísir	5.077	5%	101.531	84	16	42	426	81	213
Varphænsni	3.675	85%	4.345	31	12	18	114	44	66
Alifuglar	5.661	67%	8.426	47	8	29	269	46	164
Minkar	429	12%	3.578	74	23	15	32	10	6
Fiskeldisseyra	7.930	8%	99.124	55	4	0	438	30	1
Slóg	10.674	20%	53.370	69	7	8	737	75	85
Kjöt mjöl	872	97%	900	95	24	7	83	21	6
Matarúrgangur	65.393	35%	186.837	26	7	5	1.700	458	327
Saur frá mönnum	3.917	22%	17.624	52	14	2	203	53	46
Skólp ¹			36.468.000	13	2		464	75	
Dýrahæ	447	27%	1.654	95	24	7	43	11	3
Sláturúrgangur	4.283	27%	15.863	95	24	7	408	101	28
Fiskúrgangur	548	20%	2.738	56	16	2	28	9	1
Leifar frá brennslu	2.898	90%	3.220	1	1	14	2	3	39
							8.411	1.756	3.886

¹Efnainnihald sett fram sem g/tonn hráefni

Heildarmagn hreinna áburðarefna NPK, innflutt í formi tilbúins áburðar var 14.480 tonn árið 2019 (Matvælastofnun, 2020). Það magn skiptist niður í 10.600 tonn af N, 1.480 tonn af P og 2.380 tonn af K. Vert er að minnast á að fosfór getur auðveldlega skolast burt með vatni og því er magn fosfórs í fiskeldisseyru að öllum líkindum hærra en mælingar gefa til kynna. Með frekari tæknipróun við söfnun fiskeldisseyru má áætla að hægt sé að ná hærra hlutfalli fosfórs en hér er upp gefið.

Á mynd 2 má sjá samanburð á magni NPK sem finna má í öllum gerðum lífræns úrgangs á Íslandi við heildarmagn NPK í formi innflutts áburðar.



Mynd 2 - Magn NPK áburðarefna í lífrænum úrgangi og innfluttum áburði árið 2019.



3.4 Kolefnisspor og kostnaður (samanburður við tilbúinn áburð)

Útreikningar á kolefnisspori og kostnaði við notkun mismunandi áburðartegunda sýna að það er mikill breytileiki á milli áburðartegunda og það ræðst mjög mikið af flutningsvegalegdum hversu hagkvæmar þær eru í notkun. Niðurstöður þessara útreikninga eru ekki sýndir hér, en bent skal á reiknivélina um áburð á www.land.is. Það kemur ekki á óvart að reiknilíkanið sýni að vatnsmikill úrgangur sem hefur lágan styrk næringarefna sé óhagkvæmur m.t.t. kostnaðar og kolefnisspors m.v. þurrari og næringarríkari úrgang. Það kemur hins vegar skammtilega á óvart að þegar

niturinnihald úrgangsins er komið í 2-3%, þá er hann fyllilega samkeppnishæfur m.v. tilbúinn áburð hvað varðar kostnað og kolefnisspor, a.m.k. innan ákveðinna flutningsfjarlægða. Hækkunin á verði tilbúins áburðar árið 2022 gerir það að verkum að samkeppnishæfnin eykst enn meira. Þó að nýting rýrari úrgangsins sé oftast dýrari og með stærra kolefnisspor en tilbúinn áburður, þá sýnir reiknivélin að sé flutningsvegalegd í lágmarki t.d. innan 10km, er nýting þeirra efna ekki mikið dýrari.

4 Umræður

MAGN OG NÆRINGARSAMSETNING LÍFRÆNS ÚRGANGS

Þessi skýrsla veitir yfirsýn yfir magn næringarefna sem er að finna í lífrænum úrgangi sem fellur til hér á Íslandi og hægt væri að nýta í áburð. Niðurstöður greininga benda til að heildarmagn þeirra næringarefna sé álíka mikið og í innfluttum áburði. Lang mest af næringarefnunum er að finna í búfjárúrgangi og er hann almennt vel nýttur þó til séu undantekningar. Einnig er mikið magn næringarefna að finna í úrgangi frá eldisdýrum s.s. í svína- og alifuglarækt. Mikið er af næringarefnum í úrgangi frá fiskeldi og líklegt að magn hans fari hratt vaxandi á næstu misserum. Næringarefni í skólpi og seyru eru talsverð sem og í matarúrgangi en nýting þeirra efna er mjög lítil. Varast skal að draga þá ályktun að nóg sé til af næringarefnum á Íslandi þar sem stór hluti næringarefna í búfjáráburði kemur úr innfluttum tilbúnum áburði og kjarnfóðri og einnig ríkir óvissa um hversu stór hluti sláturúrgangs og dýrahreja er nýtanlegur sökum heilbrigðissjónarmiða.

TÆKIFÆRI OG TILLÖGUR

Mikilvægt er að taka fram að tækifærin til að auka nýtingu lífræns úrgangs liggja víða og öruggt að með góðum vilja mætti nýta hann allan sama af hvaða tegund hann er. En vatnsinnihald, næringarinnihald og sýkingarhætta munu alltaf setja skorður við nýtinguna, bæði kostnaðarlega og umhverfislega. Hér að neðan eru dregin saman tækifæri og tillögur um þær tegundir úrgangs sem við teljum mikilbægt að leggja áherslu á.

Búfjárúrgangur úr hefðbundnum búskap er að miklu leyti nýttur heima á bæjum í jarðrækt. Erfitt er þó að afla gagna um nýtinguna, en flest bendir til að hún sé góð. Sú staða getur auðvitað komið upp að nauðsynlegt sé að losa hauggeymsluna þegar ekki

hentar að dreifa úrganginum á tún og þá gæti þurft að farga honum með öðrum hætti. En eins og áður sagði, er erfitt að áætla nákvæmlega hversu mikið magn þetta kann að sem ekki nýtist sem áburður.

Alifuglaskítur er þurrari en annar búfjárúrgangur en mælingar sem framkvæmdar voru sýndu að hæsnaskítur var hátt í þurrefni (85%) og kjúklingaskítur um 67%. Hænsna- og kjúklingaskítur er líka næringarríkur og hentar t.d. mjög vel í uppgræðslu. Hann kemur mjög vel út í samanburði við innfluttan tilbúinn áburð, kostnaðarlega séð og hefur nokkuð lægra kolefnisspor en tilbúinn áburður (sjá reiknivél á www.land.is). Nýting alifuglaskíts er því bæði hagkvæm og umhverfisvæn og skyldi allt kapp lagt á að nýta hann allan hvort sem væri til landgræðslu eða landbúnaðar.

Fiskeldisseyra hefur mikla möguleika til frekari nýtingar sem lífrænn áburður. Fiskeldisseyra er rík af nitri og fosfór, en er fremur vatnsmikil eðli málsins samkvæmt. Reikna má með að þurrefni í fiskeldisseyru sé á bilinu 1-12% (Lilja Magnúsdóttir o.fl. 2016). Það samræmist mælingum sem gerðar voru í verkefninu en fiskeldisseyran sem notuð var í tilraunir síðasta sumars var með 8% þurrefnisinnihald. Möguleikar til að auka nýtingu hennar sem áburð væri t.d. að þurrka með jarðhita eða nýta hana í nærumhverfi eldisstöðva til að lágmarka flutningsvegalegd. Fiskeldisseyra inniheldur oft meira magn salts en annar úrgangur sem hægt væri að útvatna ef þörf er á en þá er hætta á að meira magn næringarefna skolist út í leiðinni. Sem dæmi stendur til að byggja upp landeldisstöð í Þorlákshöfn þar sem framleiða á 40 þús. tonn af laxi. Með fjölgun fiskeldisfyrirtækja og auknum kröfum um söfnun úrgangs mun magn úrgangs frá fiskeldi fara hratt vaxandi. Á sama tíma munu vandamálin stækka, en tækifærunum mun líka fjölga að sama skapi.

Svínaskítur er líkt og fiskeldisseyra og kúamykja vatnsþynntur úrgangur, en mikið af næringarefnum eru til staðar í honum þar sem framleiðsla á svínakjöti er mikil og fer vaxandi. Dreifing svínabúa landsins er mest kringum þéttbýl svæði þar sem um ræðir bæði fá en stór bú og getur því þurft að ferja skítinn þó nokkra vegalengd til að nýta hann sem túnáburð í einhverjum tilfellum og enn lengra til notkunar á uppgræðslusvæði. Þrátt fyrir þetta er svínaskítur fyrirtaks áburður sem ætti alltaf að fullnýta frekar en að losa í sjóinn eða urða með öðrum hætti.

Nýting næringarefna úr skólpi er mjög ábótavant hér á landi þar sem nýtingin er lítil sem engin heldur er því veitt í hafið. Niðurstöður greininga sýna þó að hér er mikið magn næringarefna á ferðinni. Við nýtingu á skólpi þarf að huga að fjölmörgum atriðum er varða heilbrigðismál sem og styrk ýmissa efna í úrganginum, t.d. örplasts og lyfjaleifa. Út frá umhverfissjónarmiðum er örplasti líklega betur komið fyrir á landi en í sjó, en þó best í hæfilegri fjarlægð frá vatnsverndarsvæðum og þannig að lífríki verði sem minnst meint af, t.d. á skógrækt eða uppgræðslusvæði (Ragnhildur Gunnarsdóttir o.fl., 2020). Seyra er ekkert sérstaklega næringarrík í sjálfu sér eins og annar úrgangur af svipuðum uppruna, en þegar miklu magni er dreift í einu nýtist hún ágætlega sem áburður (Magnús H. Jóhannsson o.fl. 2017). Það eru klárlega tækifæri í nýtingu næringarefna úr skólpi, en þar sem innviðir fráveitu og skólphreinsunar gera ekki ráð fyrir nýtingunni, er örðugt að safna efnunum saman eins og staðan er í dag. Þessu mætti auðvitað breyta t.d. við hönnun nýrra hverfa þar sem skipulag fráveitu væri slíkt að gert væri ráð fyrir nýtingu. Ýmsar aðferðir eru til og hefur ein þeirra verið prófuð við Mývatn. Þar er

gert ráð fyrir söfnun klósettúrgangs (svartvatni) með tvöföldu lagnakerfi og söfnunartanki utanhúss. Sveitarfélagið ber ábyrgð á söfnun svartvatnsins og flytur það á landgræðslusvæði til nýtingar.

Kjöttmjöl er fyrirtaks áburður sem mest hefur verið nýtt í landgræðslu og skógrækt en þó eru alltaf nokkrir bændur sem kaupa kjöttmjöl. Ástæða þess að kjöttmjölið er í minna mæli nýtt sem túnáburður er líklega sú að kjöttmjölið er seinleystur áburður og því meiri áhrif af honum á öðru og þriðja ári uppskeru frekar en á því fyrsta. En í ljósi hækkandi verðs á tilbúnum áburði er líklegt að bændur muni í meira mæli horfa til kjöttmjöls. Kjöttmjöl má ekki bera á tún síðar en 1. desember og verður þá land að vera friðað fyrir beit a.m.k. til 1. apríl. Undantekningar eru gerðar á þessum reglum ef áburðurinn er felldur niður í jarðveginn með jarðvinnslu (Reglugerð 1165/2021).

Molta er ekki sterkur áburður og því þarf margfalt meira magn af moltunni til að ná fram áhrifum sem eru eitthvað í líkingu við tilbúinn áburð. Þar að auki hefur flutningskostnaður verið ein helsta hindrun hvað varðar notkun bænda á moltu. Fyrirtæki sem framleiða moltu hafa að einhverju leyti verið í vandræðum með að koma henni í nýtingu, en með auknum rannsóknum og reynslu hafa jákvæð áhrif moltu á gróður og jarðveg sýnt sig með skýrum hætti. Moltan er líklega vannýtt hráefni og mætti nota víðar t.d. í ræktun. Helstu notendur moltu hingað til hafa verið sveitarfélög, garðræktendur, sumarbústaðaeigendur og fáeinir bændur. Landgræðslan er í samstarfi við moltuframleiðendur og hefur komið að nokkrum verkefnum þar sem nýting hennar í landgræðslu og skógrækt er prófuð.



FRAMTÍÐARHORFUR

Helstu vandamál sem tengjast nýtingu á lífrænum úrgangi til áburðar á tún eða til uppgræðslu eru söfnun, flutningur og dreifing. Flestar tegundir lífræns úrgangs hafa lágt þurrefnisinnihald og lágt næringarinnihald sem veldur því að þörf er á stórum söfnunartönkum og flytja þarf mikið magn af úrgangi á þau svæði þar sem hann er notaður. Það er því augljóst að flestar hindranir sem koma upp við aukna nýtingu á lífrænum úrgangi tengjast kostnaði. Það eru því ýmis tækifæri fólgin í að þróa og bæta gæði lífræna úrgangsins sem áhugi er á að nota, sem fjallað verður um á seinni stigum þessa verkefnis „Sjálfbær áburðarframleiðsla“. Takist að útbúa blöndu af mismunandi úrgangi með betri áhrifum en úrgangurinn einn og sér gæti framtíð lífrænna áburðargjafa orðið bjartari.

Innfluttur tilbúinn áburður hefur hækkað mikið í verði að undanfögnu og í ljósi nýliðinna atburða sem hafa haft áhrif á olíuverð, hrávöruverð o.fl. Þá eru engar vísbendingar þess að áburðarverð fari lækkandi á næstu misserum. Þetta háa áburðarverð gæti haft þau áhrif að bændur kaupi minna af tilbúnum innfluttum áburði sem myndi rýra uppskeru og þ.a.l. valda hækkandi verði á landbúnaðarafurðum. Íslenskur landbúnaður er háður innfluttum tilbúnum áburði og eru þessar breytingar því mikil ógn við hann. Með því að nýta meira af úrgangi og hliðarafurðum til að koma næringarefnum aftur inn í hringrásina er hægt að draga úr notkun innflutts tilbúins áburðar að einhverju leyti. Aukin nýting á lífrænum úrgangi og hliðarafurðum til áburðarotkunar mun ekki leysa vandamálið eitt og sér en gerir það að verkum að minna vatn þarf að sækja yfir lækinn en ella.

5 Heimildir

Anna Guðrún Þórhallsdóttir og Tryggvi Eiríksson (1996). Samanburður á meltanleika gróffóðurs hjá hrossum og sauðum. Bændasamtök Íslands og Rannsóknastofnun Landbúnaðarins.

Bastianelli, D., Bonnal, L., Jaguelin-Peyraud, Y. og Noblet, J. (2015). Predicting feed digestibility from NIRS analysis of pig feces. *Animal*, 9(5), 781-786. [Tengill](#) Skoðað í mars 2022.

Birgir Tómas Arnar og Vala Jónsdóttir(2019). Skólphreinsistöðvar-sýnatoka og mælingar-árleg yfirlitsskýrsla 2018-Reykjavík. Veitur ohf.

Bjarni Guðmundsson. (1997). Öflun kúaheys. Bændasamtök Íslands. [Tengill](#) Skoðað í mars 2022.

Brown, T. (2016). Ammonia production causes 1% of total global GHG emissions. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022

Carlson, K. M., Gerber, J. S., Mueller, N. D., Herrero, M., MacDonald, G. K., Brauman, K. A., Havlik, P., O'Connell, C. S., Johnson, J. A., Saatchi, S & West, P. C. (2017). Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. *Nature Climate Change*, 7(1), 63-68.

Cordell, D., Drangert, J. O., & White, S. (2009). The story of phosphorus: global food security and food for thought. *Global environmental change*, 19(2), 292-305.

Grigatti, M., Barbanti, L., Hassan, M. U., & Ciavatta, C. (2020). Fertilizing potential and CO2 emissions following the utilization of fresh and composted food-waste anaerobic digestates. *Science of the Total Environment*, 698, 134198.

Guðsteinn Bjarnason. (2019). Svo forum við að moka ofan í skurði. *Fiskifrétir*. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Gunnar Guðmundsson. (2002). Fóðurþarfir jórturdýra. *Handbók bænda* 52: 151-155.

Gunnar Ríkharðsson. (2000). Aukin hagkvæmni við fóðrun mjólkurkúa. Bændasamtök Íslands, Landbúnaðarháskóli Íslands og Rannsóknastofnun í Landbúnaði. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Hagstofan (2021). Nífalt fleiri erlendar gistinætur en í fyrra. Skoðað á: <https://www.hagstofa.is/utgafur/frettasafn/ferdathjonusta/gistinaetur-i-september-2021/> Hagstofan (2021.). Notkun tilbúins áburðar frá 1977. [Tengill](#). Sótt 17. jan. 2022.

Hagstofan (2021). Fiskeldi á Íslandi 1984–2020. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022

Hagstofan (2021). Búpeningur eftir landsvæðum frá 1980. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Hagstofan (2021). Úrgangur. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Hagstofan (2021). Notkun tilbúins áburðar frá 1977. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022:

Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga (2019). Starfsleyfisskilyrði fyrir loðdýrabú. Umhverfisstofnun.

Hoxha, A., Christensen, B., 2019. The carbon footprint of fertiliser production: regional reference values. Proceedings 805, International Fertiliser Society.

Janovic, Z., og Jukic, A. (2018). One-hundred Years of Haber-Bosch Process for Ammonia Synthesis from Its Elements. *Kemija U Industriji-Journal of Chemists and Chemical Engineers*, 67(11-12), 479-493. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Jóhannes Sveinbjörnsson og Bragi Líndal Ólafsson. (1999). Orkuþarfir nautgripa og sauðfjár í vexti með hliðsjón af mjólkurfóðureiningakerfi. *Ráðunautafundur 1999: 204-2017*.

Jónína Þ. Jóhannsdóttir, Jón Árnason, Heiðís Smáradóttir, Aðalheiður Ólafsdóttir og Rannveig Björnsdóttir (2014). Lágmarkun fóðurstofnaðar í bleikjueldi. Matís skýrsla. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Lilja Magnúsdóttir, Sæmundur Elíasson, Birgir Ö. Smáráson, Jón Ö. Pálsson og Sölvi Sólbergsson. (2016). Aukahráefni frá laxeldi – möguleg nýting og virðisauki. Matís skýrsla. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Magnús H. Jóhannsson, Alexandra Kjeld, Gústav M. Ásbjörnsson, Haukur Ásberg Hilmarsson og Ragnhildur Gunnarsdóttir (2021). Hagræn áhrif og loftslagsáhrif áburðarnotkunar. Landgræðslan Lg 2021/11.

Magnús H. Jóhannsson, Anne Bau, Garðar Þorfinnsson og Sigþrúður Jónsdóttir (2017). Lífrænn úrgangur til landgræðslu, tækifæri. LR 2017/02, Magnús H. Jóhannsson. 2017. Lífrænn úrgangur til landgræðslu, tækifæri og samstarf. Rit Landgræðslu ríkisins nr. 2, Gunnarsholt.

Matvælaráðuneytið (2022). Stuðningur við bændur vegna hækkunar áburðarverðs greiddur um næstu mánaðarmót. Stjórnarráðið. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Matvælastofnun (2020). Kröfur til vinnslu aukaafurða dýra. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Matvælastofnun. (2020). Áburðareftirlit 2019. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Orkugerðin ehf (2020). Grænt Bókhald 2020. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Pétur Sigtryggsson. (1995). Fóðrun sláturgrísa. Bændasamtök Íslands. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Poulsen, H. D. (2010). Normtal for husdyrgødning – 2010. Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø. P33.

Ragnheiður Sveinþórsdóttir, Ásbjörn R. Jónsson og Muhammad Rizal Fahlivi. (2017). Mælingar og nýting á slógi. Skýrsla Matís.

Ragnhildur Gunnarsdóttir, Lára K. Þorvaldsdóttir, Börkur S. Kristinsson, Björgvin Brynjarsson, Reynir Snorrason og Reynir Sævarsson. (2020). Möguleikar og áskoranir við aukið magn seyru við bætta fráveituhreinsun. Unnið af verkfræðistofunni Efla fyrir Umhverfis- og auðlindaráðuneytið.

Ráðgjafamiðstöð Landbúnaðarins (Á.á.). Áburðarframboð. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Rose, C., Parker, A., Jefferson, B., og Carmell, E. (2015). The characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology. Critical reviews in environmental science and technology, 45(17), 1827-1879. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Scherer, H. W. (2005). FERTILIZER AND FERTILIZATION. In D. Hillel (Ed.), Encyclopedia of Soils in the Environment (pp. 20-26).Elsevier. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Schroder, J., Cordell, D., Smit, A., og Rosemarin, A. (2010). Sustainable use of phosphorus: EU tender ENV.B1/ETU/2009/0025. Biosystems Engineering – BIOSYST ENG.

Smol, M. (2019). The importance of sustainable phosphorus management in the circular economy (CE) model: The Polish case study. Journal of Material Cycles and Waste Management, 21(2), 227-238. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Svanhildur Ósk Ketilsdóttir og Þóroddur Sveinsson. (2010). Efnainnihald kúamykju og mælingar in situ á þurrefni, NH₄-N og P með Agros Nova mælibúnaði. Fræðaping landbúnaðarins, 207-2015.

Umhverfis- og auðlindaráðuneytið (2021). Í átt að hringrásarhagkerfi. Stefna umhverfis- og auðlindaráðherra í úrgangsmálum.

Umhverfisstofnun (2021). Meðhöndlun úrgangs – Samantekt 2019. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Umhverfisstofnun (e.d.). Útstreymisbókhald 2020. [Tengill](#). Skoðað í mars 2022.

Van Dijk, K.C., Lesschen, J. P. og Oenema, O. (2016). Phosphorus flows and balances of the European Union Member States. Science of the Total Environment 542:1078–1093.

Þóroddur Sveinsson. (2021). Efnainnihald búfjáraburðar á Íslandi. Óbirtar niðurstöður Landbúnaðarháskóla.

Viðauki - Efnamælingar

Efnagreiningar sem framkvæmdar voru í verkefninu á völdu hráefni.

	Durrefni %	pH	Durrvig				Blautvig				
			Heildar N g/kg	P g/kg	K g/kg	S g/kg	Heildar N g/kg	NH ₄ N g/kg	P g/kg	K g/kg	S g/kg
Bokasi	33,98	8,30	28,45	3,10	22,09	3,34	12,12	2,45	1,05	7,51	1,14
Botnaska	74,85		0,72	1,49	2,39		0,61		1,11	1,79	
Fiskeldisseyra	8,00	4,91	55,21	3,78	0,07	0,50	4,54	1,51	0,30	0,01	0,04
Flugaska x1	99,77		0,11	0,71	16,22		0,15		0,70	16,18	
Flugaska Sía 1	99,80		0,71	0,70	25,55		0,78		0,70	25,50	
Hænsnaskítur	84,59	7,82	31,10	11,86	18,10	5,11	27,61	1,31	10,03	15,31	4,32
Kjúklingaskítur	67,18	6,32	47,47	8,20	29,25	6,20	35,84	3,95	5,51	19,65	4,17
Kjötmjöl	96,86	5,87	95,17	23,65	6,53	5,68	93,46	1,27	22,91	6,33	5,51
Molta Molta.is	55,67	7,08	22,28	10,26	4,48	2,69	13,97	1,57	5,71	2,49	1,50
Molta Sorpa	59,99	7,75	19,77	3,40	4,87	3,00	12,52	0,66	2,04	2,92	1,80
Molta Terra	57,70	7,36	21,04	1,67	4,76	1,55	12,65	0,88	0,97	2,75	0,89
Kúamykja	6,64	7,82	40,23	0,39	2,17	0,27	2,75	1,10	0,03	0,14	0,02
Kölkuð seyra A	20,50	6,34	41,19	2,99	1,26	6,29	9,46	1,02	0,61	0,26	1,29
Kölkuð seyra B	23,96	6,60	29,18	2,14	0,93	4,72	8,11	1,12	0,51	0,22	1,13

Stein- og snefilefnamælingar sem framkvæmdar voru í verkefni á völdu hráefni.

Þurrvigti

	Na g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg	Mn mg/kg	Fe mg/kg	Cu mg/kg	Se mg/kg	Zn mg/kg	Cl g/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	As µg/kg	Cd µg/kg	Pb mg/kg
Bokasi	4	8	4	143	929	17	1	57	39	2	7	108	52	0
Botnaska	11	117	11	788	60882	31489	12	4839	142	510	209	2655	1385	428
Fiskeldisseyra	1	7	0	15	116	2	1	76	8	1	0	146	117	0
Flugaska x1	32	191	20	523	16726	709	7	9709	260	342	122	848	39128	617
Flugaska Sía 1	287	34	5	120	3230	1051	3	8159	351	87	30	2948	258990	2179
Hænsnaskítur	5	80	6	400	597	66	3	338	109	4	7	398	540	1
Kjúklingask	3	9	6	583	746	83	1	454	47	2	4	189	136	1
Kjöttmjöl	9	53	2	41	533	14	2	84	70	1	3	66	133	1
Molta Molta.is	5	36	2	165	5100	93	2	262	47	40	12	23266	374	29
Molta Sorpa	6	36	10	345	22793	178	4	370	58	52	66	3614	627	97
Molta Terra	5	22	10	344	24360	60	2	124	42	42	47	1262	318	15
Kúamykja	1	1	1	21	56	3	< 0,5	10	4	0	0	27	8	0
Kölkuð seyra A	1	49	7	106	5438	62	3	431	59	42	20	1729	331	12
Kölkuð seyra B	2	82	10	118	6803	56	3	356	95	53	23	940	274	10

