



Samningur milli nemenda Háskólans á Akureyri og bókasafns háskólans um meðferð lokaverkefna

Ég undirrituð/aður,.....nemandi við Háskólann á Akureyri afhendi hér með bókasafni háskólans þrjú eintök af lokaverkefni mínu, eitt prentað og innbundið, annað prentað og óinnbundið og það þriðja á geisladiski.

Titill verkefnis:

Prentuð eintök:

Lokaverkefnið er lokað til dags. _____ ártal: _____

Ef lokaverkefnið er opið er bókasafninu heimilt að:

já nei

lána það út til nemenda eða kennara HA

lána það út til utanaðkomandi aðila

lána það til lestrar á staðnum

Ef lokaverkefnið er opið er heimilt:

já nei

að vitna til þess í ræðu og riti

að vitna til þess í ræðu og riti að fengnu samþykki mínu í hverju tilviki

Ef lokaverkefnið er opið er heimilt:

já nei

að ljósrita takmarkaða hluta þess til eigin nota

að ljósrita tiltekna hluta þess að fengnu samþykki mínu í hverju tilviki

já nei

Bókasafninu er heimilt að ljósrita lokaverkefnið til viðhalds á snjádum eintökum sínum, þó aldrei svo að það eigi fleiri en tvö eintök í senn

Stafrænt eintak:

Stafrænt eintak verður vistað í rafrænu geymslusafni, Skemmunni, þar sem öryggisstillingar verða með þeim hætti að hvorki verður mögulegt að prenta út né afrita verkefnið. Það er á ábyrgð undirritaðs að stafrænt eintak sé að fullu sambærilegt við prentað eintak, þ.e. að því fylgi forsiða, titilsíða og öll fylgiskjöl/viðaukar.

Lokaverkefnið er lokað

já nei til: dags. _____ ártal: _____

Lokaverkefnið er opið eða verður opnað síðar og bókasafninu þá heimilt að:

já nei bjóða opinn aðgang að því á vefnum í heild sinni til allra

leyfa nemendum og starfsmönnum háskólans aðgang með notendanöfnum og lykilorðum

Lokaverkefnið er lokað að hluta til eða í heild og bókasafninu er heimilt að leyfa aðgang á vefnum að:

já nei efnisyfirliti

útdrætti

heimildaskrá

Akureyri / 20

nemandi

bókavörður

LOK0115

Möguleikar á metanframleiðslu á Eyjafjarðarsvæðinu

Verktími: Janúar-apríl, 2007



Leiðbeinendur: Ágústa S. Loftsdóttir og Hrefna Kristmannsdóttir

Upplag: 8

Blaðsíðufjöldi: 71

Fjöldi viðauka: 3

Ragnar Bjarni Jónsson

Lokaverkefni til 120 eininga B.Sc. prófs við Viðskipta- og raunvísindadeild Háskólans á Akureyri

Yfirlýsing

Ég lýsi því hér með yfir að ég einn er höfundur þessa verkefnis og það er afrakstur eigin rannsókna.

Ragnar Bjarni Jónsson

Það staðfestist hér með að lokaverkefni þetta fullnægir að mínum dómi kröfum til B.Sc. prófs í Umhverfis- og orkufræðum við Viðskipta- og raunvísindadeild Háskólans á Akureyri.

Ágústa S. Loftsdóttir

Hrefna Kristmannsdóttir

Abstract

The project evaluates the possibilities of biogas production in the Eyjafjörður area. The quality of the main sources of biogas, manure, organic waste and sewage is appraised and their cons and pros analyzed. The primary technical solutions for gasification of biomass are observed and looked into the possibility of mixing different biogas sources for better gasification.

The technical aspects of biomass gasification and methane purification from biogas are reviewed. A survey is made of methane cars as well as on the infrastructure needed for distribution of methane fuel in order to make it feasible for car usage.

The conclusion of this project is that there are great possibilities for methane production in the Eyjafjörður area. Every year there is dumped a large amount of manure and organic waste in the area which could be used for biomass gasification. The problem is that the cost of biomass gasifiers is too high for the limited market for methane fuel.

Keywords: Eyjafjörður, methane, feasibility, gasification, biomass

Þakkarorð höfundar

Margir aðilar veittu mér aðstoð við þetta verkefni og ber þá fyrst að nefna leiðbeinanda minn Ágústu S. Loftsdóttur eðlisfræðing hjá Orkustofnun. Einnig þakka ég Hrefnu Kristmannsdóttur leiðbeinanda mínum innan Háskólans á Akureyri. Sérstakar þakkir fær Sigmundur Ófeigsson, framkvæmdastjóri Norðlenska fyrir leyfi til notkunar upplýsinga. Einnig fær Björn H. Halldórsson, framkvæmdastjóri Metans hf sérstakar þakkir fyrir munnlegar upplýsingar og skoðunarferð í Álfsnesi.

Eftirtaldir aðilar fá einnig þakkir

- Steinar Rafn Beck, verkefnisstjóri í heilsu- og framleiðslutækni hjá Iðntæknistofnun
- Jörundur Helgi Þorgeirsson, framkvæmdarstjóri Tæting hf.
- Þóroddur Sveinsson, sviðsstjóri-tilraunastjóri á Möðruvöllum hjá Rannsóknarstofnun landbúnaðarins
- Helgi Már Pálsson, deildarstjóri framkvæmdadeildar Akureyrarbæjar
- Björn Ingólfsson, fyrrverandi skólastjóri og rithöfundur
- Þórarinn Ingi Pétursson, tamningamaður og bóndi
- Íris Dóróthea Randversdóttir, kennari
- Jón Hávarður Jónsson, Framkvæmdarstjóri

Akureyri 21. apríl 2007. Ragnar Bjarni Jónsson

Útdráttur

Í verkefninu er metið mögulegt magn lífgass sem unnt er að safna á Eyjafjarðarsvæðinu. Athuguð eru gæði helstu uppsprettna lífgass sem eru mykja, lífrænn úrgangur og skólþ. Þá eru kostir og gallar við gösun þessa hráefnis skoðaðir.

Athugaðar eru helstu tæknilegar lausnir við söfnun lífgass úr hverju hráefni fyrir sig og athugaðir möguleikar á blöndun hráefna til aukinna söfnunarmöguleika. Innviðir sem þarf til sölu metans sem eldsneytis eru skoðaðir og lauslega er farið yfir kostnað við uppsetningu á mögulegum tæknilegum lausnum við söfnun og hreinsun lífgass.

Meginniðurstöður verkefnisins eru þær að miklir möguleikar eru á söfnun metans á Eyjafjarðarsvæðinu. Mikið magn af búfjáraþurði og lífrænu sorpi fellur til á hverju ári sem mögulegt er að gasa. Vandamálið við söfnunina er hár kostnaður við byggingu lífgassöfnunarvera og að ekki er nægilega mikill markaður fyrir sölu á metani.

Lykilorð

Eyjafjörður, metan, möguleikar, lífmassi, gösun

Efnisyfirlit

1	INNGANGUR	1
1.1	MARKMIÐ	1
1.2	TILDRÖG	1
1.3	AÐFERÐAFRÆÐI	2
1.4	RANNSÓKNARSPURNINGAR	2
2	EYJAFJARÐARSVÆÐIÐ	4
2.1	LÍFMASSI Í EYJAFIRÐI.....	5
2.1.1	<i>Búffjáráburður</i>	5
2.1.2	<i>Skólp</i>	7
2.1.3	<i>Lífrænt sorp</i>	10
3	LÍFGAS.....	15
3.1	EIGINLEIKAR LÍFGASS	15
3.2	EIGINLEIKAR METANS	16
4	INNVIÐIR TIL ELDSNEYTISNOTKUNAR METANS	18
4.1	METANBIFREIÐIR	18
4.1.1	<i>Metan sem eldsneyti á ökutæki</i>	18
4.1.2	<i>Mismunandi metanvélar fyrir bifreiðar</i>	20
4.2	ORKUGEYMSLA OG ÁFYLLINGARTÆKNI.....	22
4.3	FLUTNINGUR METANS	23
5	GÖSUN	24
5.1	FORTÍÐ OG FRAMTÍÐ GÖSUNAR LÍFMASSA	24
5.1.1	<i>Saga gösunar lífmassa</i>	24
5.1.2	<i>Möguleikar á orkunýtingu lífmassa í Evrópu</i>	25
5.2	GÖSUN LÍFMASSA MEÐ HITUN.....	27
5.2.1	<i>Tæknilegar lausnir við gösun með hitun</i>	28
5.3	GÖSUN LÍFMASSA MEÐ METANGERJUN	31
5.3.1	<i>Efnifræði metangerjunar</i>	31
5.3.2	<i>Tæknilegar lausnir við metangerjun húsdýráburðar</i>	35
5.3.3	<i>Tæknilegar lausnir á metangerjun lífræns úrgangs</i>	39
5.4	TÆKNILEGAR LAUSNIR VIÐ SAMGERJUN	41
5.5	GÖSUN LÍFMASSA MEÐ URÐUN	42
5.6	GÖSUN LÍFMASSA Í ORKUHLEIFUM	43
5.7	HREINSUN LÍFGASS.....	45
6	SÖFNUN LÍFGASS Á EYJAFJARÐARSVÆÐINU	47
6.1	SÖFNUN LÍFGASS ÚR BÚFJÁRÁBURÐI.....	47
6.1.1	<i>Gæði búffjáráburðar</i>	47
6.1.2	<i>Aukaverkanir metangerjunar á Búffjáráburð</i>	48
6.1.3	<i>Gösun búffjáráburðar með metangerjun</i>	50
6.1.4	<i>Hagkvæmni á Eyjafjarðarsvæðinu</i>	53
6.2	SÖFNUN LÍFGASS ÚR LÍFRÆNU SORPI.....	54
6.2.1	<i>Gösun lífræns sorps með hitun</i>	54
6.2.2	<i>Hagkvæmni á Eyjafjarðarsvæðinu</i>	55
6.3	SÖFNUN LÍFGASS ÚR SKÓLPI	56

6.3.1	<i>Almennt um skólþ</i>	56
6.3.2	<i>Metangerjun skólps</i>	57
6.3.3	<i>Gösun skólps með hitun</i>	58
6.3.4	<i>Hagkvæmni á Eyjafjarðarsvæðinu</i>	59
6.4	SÖFNUN LÍFGASS MEÐ SAMNÝTINGU HRÁEFNIS.....	60
7	NIDURSTÖÐUR.....	62
8	UMRÆÐA/LOKAORÐ.....	65
9	HEIMILDIR.....	67
10	VIÐAUKI I	I
11	VIÐAUKI II.....	III
12	VIÐAUKI III	X

Myndaskrá

Mynd 1. Yfirlitsmynd af Eyjafjarðarsvæðinu.....	4
Mynd 2. Hreinsun fráveituvatns eftir íbúafjölda	8
Mynd 3. Skólphreinsun skipt eftir landshlutum árið 2002	9
Mynd 4. Ein af skólpdælustöðvum í Akureyrarbæjar	10
Mynd 5. Jarðgerðarsvæði Tætingar hf.	11
Mynd 6. Efnafraeðileg bygging metans og brunajafna þess í súrefni	16
Mynd 7. Yfirlitsmynd af tæknibúnaði e.monovalent metanbifreiðar.....	21
Mynd 8. Vökvabeðsgasari fyrir skólp.....	30
Mynd 9. Fjögur skref lífgasmyndunar með metangerjun	31
Mynd 10. Metangerjunarver fyrir búfjáraður	37
Mynd 11. Yfirlitsmynd af lífgasstöð með samgerjun	42
Mynd 12. Böggðu sorpi hlaðið í urðunarrein á Álfsnesi.....	43
Mynd 13. Yfirlitsmynd af orkuhleifr.....	44
Mynd 14. Flæðirit af söfnun- og hreinsun hauggas.....	45
Mynd 15. Mjólkurbúið Efstihóll í Eyjafjarðarsveit.....	51
Mynd 16. Mjólkurbú í Kanada	51

Töfluyfirlit

Tafla 1. Magn þurrvigtar búfjáraþurðar á Eyjafjarðarsvæðinu árið 2006	6
Tafla 2. Magn búfjáraþurðar á Eyjafjarðarsvæðinu eftir árstíðum	7
Tafla 3. Magn lífræns sorps á Eyjafjarðarsvæðinu á ári	11
Tafla 4. Áætlað magn sláturúrgangs á Eyjafjarðarsvæðinu	12
Tafla 5. Áætlað magn fiskúrgangs á Eyjafjarðarsvæðinu á ári	13
Tafla 6. Umhverfislegur sparnaraður af notkun metans sem ökutækjaeldsneyti í stað bensíns	19
Tafla 7. Orkugildi hauggass.....	20
Tafla 8. Nokkrar tegundir metanvéla	21
Tafla 9. Kostir og gallar nokkurra gasara	29
Tafla 10. Kjörhitastig metanbakteríustofna	33
Tafla 11. Viðverutími húsdýraþurðar í meltara miðað við vinnsluhitastig.....	34
Tafla 12. Mismunandi tækni við metangerjun.....	40
Tafla 13. Samanburður efnainnihalds í mykju eftir mismunandi búfé	47
Tafla 14. Efnainnihald Ný-Sjálensks sauðataðs	48
Tafla 15. Gasmyndun frá búfé á Eyjafjarðarsvæðinu.	50
Tafla 16. Magn mengunarefna í þurrefni venjulegs skólps.	57

Skilgreiningar

Lífgas: Gas sem myndast við loftfirrt niðurbrot lífrænna efna. Inniheldur að stærstum hluta metan og koltvíoxíð.

Nm³: Rúmmetri af gasi við 0°C hita og 1.013 millibara þrýsting.

Mtoe: Orka sem samsvarar orkuinnihaldi milljóna tonna af olíu (e.million tons of oil equivalent).

Samgerjun: gerjun með blöndun hráefnis t.d. lífrænu sorpi og búfjáraburði.

Persónueining skólps: Það magn skólps er einstaklingur skilar af sér á sólarhring. Viðmiðið er 235 lítrar á sólarhring.

Gerileyðing: Eyðing gerla í efni. Efni er hitað upp að vissu marki í ákveðinn tíma þar til heilnæmi afurðar er tryggt.

Loftfirrt vinnsla: Vinnsla þar sem súrefni kemst ekki að vinnsluefni.

Meltun: Metangerjun þar sem metanbakteríur brjóta niður lífrænt efni með lífræðilegum ferlum.

1 Inngangur

1.1 Markmið

Í þessari ritgerð eru athugaðir möguleikar á söfnun lífgass á Eyjafjarðarsvæðinu. Markmiðið er að meta leiðir til söfnunar á lífgasi úr helstu uppsprettum þess og magn þess lífgass sem vinnanlegt er úr þeim. Staða söfnunar lífgass í heiminum og hér heima er skoðuð ásamt þeim fjölmörgu tæknilegu lausnum sem tiltækar eru við vinnsluna. Lítillega er farið út í mögulegan kostnað við söfnun lífgass og nýtingarmöguleikar lífgass hérlendis eru skoðaðir. Megináherslan er lögð á nýtingu metans á bifreiðar. Jafnframt er athugaðir þeir innviðir sem þarf til notkunar metans á bifreiðar.

1.2 Tildrög

Mikil vakning hefur orðið í heiminum varðandi nýtingu endurnýjanlegra orkugjafa. Hitnun jarðar vegna bruna jarðefnaeldsneytis er helsti hvatinn að þeirri umræðu ásamt þeirri óumflýjanlegu staðreynd að uppspretta jarðefnaeldsneytis er endanleg og mun að lokum tæmast. Þess vegna hefur verið leitað leiða til að finna endurnýjanlegar orkuuppsprettur sem geta komið stað olíu sem sambærilegur orkugjafi. Etanól, lífdísel og metan eru orkugjafar sem hafa vakið mikinn áhuga sem eldsneyti á bifreiðar. Allir eru þeir fengnir úr lífrænum massa og eru þess vegna endurnýjanlegir orkugjafar og kolefnislosun þeirra er innan náttúrulegrar hringrásar.

Lífmassi er í dag talin vera sú endurnýjanlega orkuuppspretta sem mestar líkur eru á að geti nýst nútímasamfélaginu við sívaxandi

orkunotkun. Lífmassi er talinn henta jafnt þróuðu og vanþróuðu löndunum sem orkuuppspretta. Orka sem fá má úr hraðvaxta skógi og orkuríkum uppskerum, frá landbúnaði eða öðru, getur hjálpað þjóðum að færast nær markmiðum Kyoto samkomlagsins um losun gróðurhúsalofttegunda.

Landbúnaður, fiskvinnsla og annar iðnaður er öflugur á Eyjafjarðarsvæðinu en úrgangur frá þeim hefur lítið verið notaður. Búfjáraburður er borinn beint á tún og slátur- og fiskúrgangur er lítið unninn eða urðaður beint. Heimilisúrgangur frá þéttbýli á svæðinu er að mestu leyti urðaður beint og skólp er leitt óunnið út í sjó. Möguleikar eru á lífgassöfnun úr þessu hráefni en hversu miklir þeir eru og hvaða tæknilegu leiðir eru bestar við þá söfnun hafa lítið verið skoðaðar.

1.3 Aðferðafræði

Ritgerðin er unnin upp úr innlendum og erlendum heimildum mest fengnum af vefnum. Farið var á metanráðstefnu til Reykjavíkur til nánari kynningar á efninu og í skoðunarferð á urðunarsvæði Sorpu á Álfsnesi.

1.4 Rannsóknarspurningar

Helstu rannsóknarspurningarnar sem ritgerðinni er ætlað að svara eru:

- Hvaða tæknilegu lausnir eru mögulegar við vinnslu metans?
- Er nægilega mikið metanmyndandi sorp á Eyjafjarðarsvæðinu til að hefja metanvinnslu á hagkvæman hátt?
- Hvaða vinnsluleiðir eru hagkvæmastar til að vinna sorpið?
- Myndast nægilega mikið af kúamykju sem myndast í Eyjafjarðarsveit til að hefja vinnslu metans úr henni?

- Hvaða vinnsluleiðir eru hagkvæmastar til að vinna metanið úr kúamykjunni?
- Eru aðrir möguleikar á metanvinnslu á Eyjafjarðarsvæðinu, svo sem úr skólpi?

2 Eyjafjarðarsvæðið

Venjulega þegar talað er um Eyjafjarðarsvæðið er átt við svæðið frá Ólafsfirði í vestri, fram Eyjafjörðinn og austur til Grenivíkur. Þau sveitarfélög sem teljast til svæðisins eru Akureyri, Arnarneshreppur, Dalvíkurbyggð, Eyjafjarðarsveit, Grýtubakkahreppur, Hörgárbyggð, Ólafsfjörður og Svalbarðsstrandarhreppur (Baldur Pétursson, 2004).



Mynd 1. Yfirlitsmynd af Eyjafjarðarsvæðinu (Baldur Pétursson, 2004, Mapquest, 2007).

Í lok árs 2003 bjuggu 21.550 manns í þessum sveitarfélögum en þar af bjuggu um 75% í sveitarfélaginu Akureyri sem sjá má á mynd 1. Svæðið hefur frá upphafi byggðar verið landbúnaðar- og sjávarútvegssvæði. Árið 2001 unnu ennþá 18% vinnuafls svæðisins við þessar greinar og eru þær en mjög mikilvægar í samfélaginu. Iðnaður er ennþá sterkur á svæðinu þrátt fyrir að hlutur árstarfa í iðnaði hafi lækkað

úr 36% árið 1980 niður í 19% árið 2001. Stærstur hluti vinnuafls vinnur við þjónustu á svæðinu og hlutur þess hefur aukist úr 39% árið 1980, í 64% árið 2001 og fer hækkandi (Baldur Pétursson, 2004).

2.1 Lífmassi í Eyjafirði

2.1.1 Búfjáraburður

Eyjafjarðarsvæðið er öflugt landbúnaðarsvæði þar sem mest áhersla er lögð á nautgriparækt. Aðeins eitt búnaðarsamband á landinu telur hærri fjölda mjólkurkúa en Búnaðarsamband Eyjafjarðar en það er Búnaðarsamband Árnessýslu. Munurinn er þó sáralítill á þeim eða sem nemur 165 kúm eða 6.063 á móti 5.898 árið 2006. Kúabændur á Eyjafjarðarsvæðinu búa þó hlutfallslega með flestar mjólkurkúr á hvern bónda. Skráðir kúabændur í Búnaðarsambandi Eyjafjarðar eru 103 og hver þeirra að meðaltali skráður með 57,3 mjólkurkúr (Bændasamtök Íslands, 2006).

Tölum um fjölda mjólkurkúa ber þó ekki saman því samkvæmt ársuppgjöri Bændasamtaka Íslands árið 2007 eru 5.898 mjólkurkúr á Eyjafjarðarsvæðinu. Samkvæmt upplýsingum frá Búgarði Landbúnaðarháskólans, eru þær hins vegar aðeins 5.700 (Bændasamtök Íslands, 2006, Þóroddur Sveinsson, munnleg heimild, 28. febrúar 2007). Þeim tölum ber saman við gasmagnsupplýsingar úr skýrslu VGK, Hagkvæmnimat fyrir jarðgerðarstöð (2006) og þess vegna nýttar sem upplýsingar í þessari ritgerð.

Tafla 1. Magn þurrvigtar búfjáraburðar á Eyjafjarðarsvæðinu árið 2006 (Þóroddur Sveinsson, 2007, munnleg heimild, 28. febrúar 2007, Búnaðarsamband Eyjafjarðar, o.fl., 2006).

	<i>Innistöðutími</i>			<i>Búfjáraburður</i>		
	Fjöldi skepna	Mán/ári	Dagar/ári	Gerð (% þurrefni)	Kg/dag	Tonn/ári
Mjólkurkúr	5.700	8,5	259	10% kúamykja	70	103.341
Geldneyti	11.400	8,5	259		35	103.341
					Samtals	206.682
Gyltur	600	12	365	10% svínamykja	10,5	2.300
Grisir	1.800	12	365		5,3	3.482
					Samtals	5.782
Hross	3.200	2	61	20% hrossatað	20	3.893
Folöld	1.000	2	61		10	608
					Samtals	4.501
Kindur	8.400	7	213	30% sauðatað	2,5	4.471
					Samtals	4.471
Hænsn	11.586	12	365	30% hænsnaskítur	0,1	1.269
					Samtals	1.269
				Alls (tonn)		222.705
				Alls þurrviggt (tonn)		23.868

Langstærstur hluti þess búfjáraburðar sem fellur til á Eyjafjarðarsvæðinu á hverju ári kemur frá nautgripum eins og sjá má í töflu 1. Af þeim 222.705 tonnum sem falla til koma 206.682 frá nautgripum eða tæplega 93% alls búfjáraburðar sem fellur til á svæðinu. Ef eingöngu er talið þurrefni í búfjáraburði þá koma tæplega 87% þess frá nautgripum eða 20.668 tonn af þeim 23.868 tonnum sem myndast Eyjafjarðarsvæðinu.

Hluti búskaparsvæðisins var ekki tekinn til skoðunar en árið 2005 voru 52 geitur, 4.008 minkar, 2 kanínur og 124 endur í eldi (Búnaðarsamband Eyjafjarðar., o.fl., 2006).

Tafla 2. Magn búfjáráburðar á Eyjafjarðarsvæðinu eftir árstíðum (Þóroddur Sveinsson, 2007, munnleg heimild, 28. febrúar 2007, Búnaðarsamband Eyjafjarðar, o.fl., 2006).

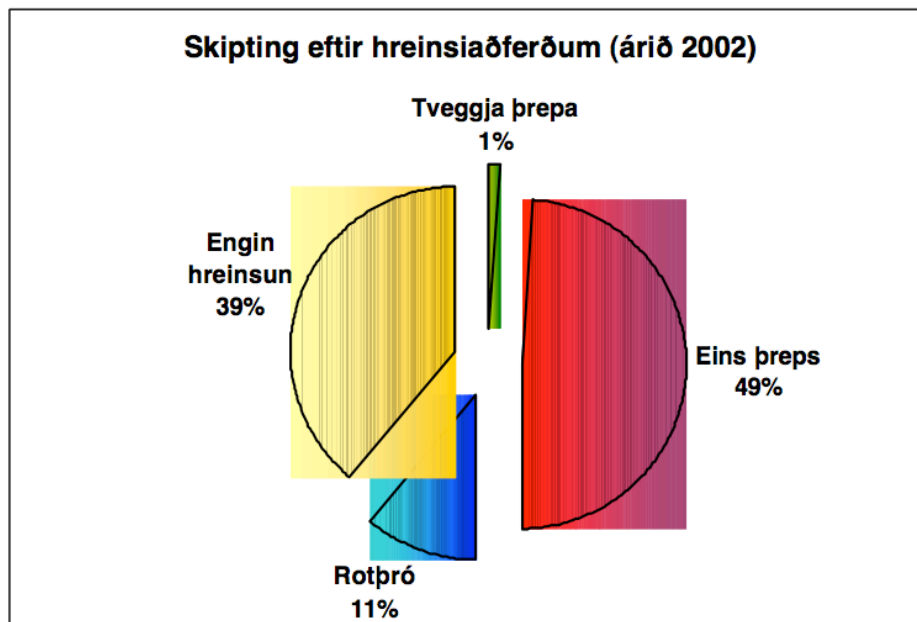
Búfjár- áburður	Magn (Hundruð Tonna/ári)												
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jún	Júl	Ágú	Sep	Okt	Nóv	Des	Samtals
10% Kúamykja	243	243	243	243	121				243	243	243	243	207
10% Svínamykja	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	4,79	58
20% Hrossatað	15,00	7,5									7,5	15,00	45
30% Hæsnaskítur	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	13
30% Sauðatað	6,39	6,39	6,39	6,39	3,19					3,19	6,39	6,39	45
Samtals sem Þurrvígt	30	29	27	27	13	1	1	1	25	26	29	30	238

Framboð búfjáráburðar er nokkuð jafn yfir árið fyrir utan þrjá og hálfan mánuð á sumrin. Frá miðjum maí fram í byrjun september er það afar lítið. Aðeins 240 tonn af þurrefni falla til á þessu tímabili sem er aðeins um 1% af heildarframboði af búfjáráburði á ársgrundvelli. Í töflu 2 má sjá heildar þurrefnismagn mykju í hverjum mánuði.

2.1.2 Skólp

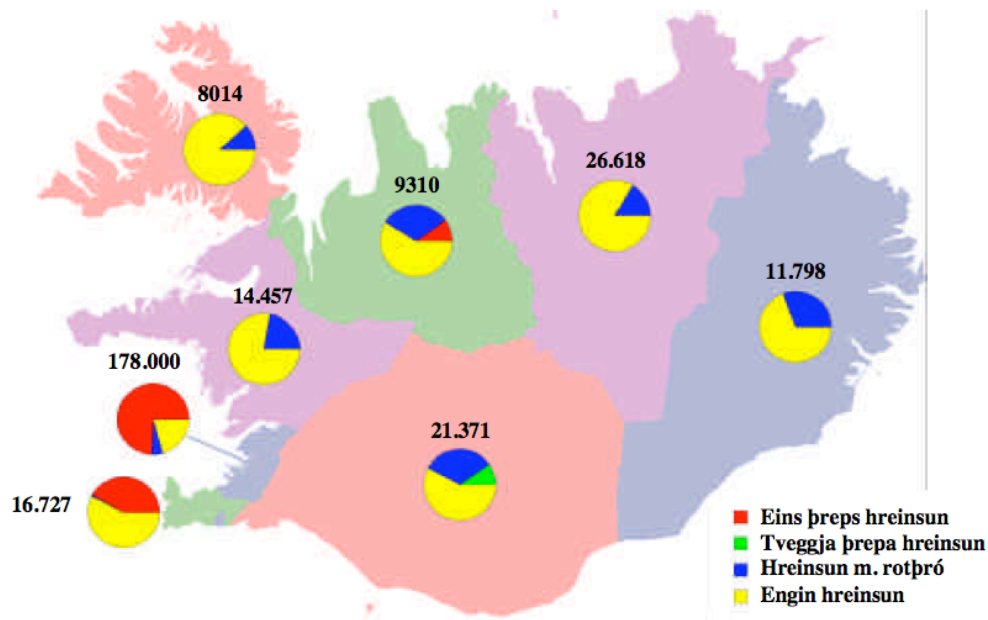
Víða á landinu er þörf á úrbótum í skólpmálum og fráveitukerfi eru ófullnægjandi. Hingað til hefur skólp verið leitt beint út í á eða sjó á flestum þéttbýlisstöðum á landinu. Akureyri er engin undantekning í þeim efnum og eins og staðan er í dag er skólpi hleypt óhreinsuðu út í Eyjafjörð. Í kjölfar þess að Ísland samþykkti EES samninginn var hreinsun skólps í þéttbýli lögleidd hér á landi árið 1994 og mengunarvarnir hertar. Mikilvægt þykir að tryggja tæknilegar lausnir sem hafa umhverfisbætandi áhrif á úttaksvæði skólpsins. Þá er átt við til að byrja með að sameina lagnir og hafa eitt úttak í stað þess að losa skólpið út við fjöruborðið á mörgum stöðum (Akureyri, 2001).

Reglugerð nr. 798/1999 um fráveitur og skólp er viðmiðunarreglugerð um skólphreinsikerfi sem hentug eru fyrir þéttbýli. Þar eru skilgreindar þrjár gerðir af skólphreinsikerfum sem hentug eru fyrir þéttbýli. Þær eru viðunandi hreinsun, eins þreps hreinsun og tveggja þrepa hreinsun. Viðunandi hreinsun telst hreinsun með viðurkenndum hreinsibúnaði sem uppfyllir ákveðin gæðaskilyrði. Eins og sjá má á mynd 2 fara um 39% skólps landsmanna óhreinsuð á úttaksvæði. Ekki er tilgreint að nokkurs staðar á landinu sé svokölluð viðunandi hreinsun heldur að sé hreinsun til staðar er það fyrsta þreps hreinsun eða notkun rotþróa. Fyrsta þreps hreinsun er síun skólpsins og jafnvel botnfelling. Um 49% fráveituvatns landsmanna fara í gegnum fyrsta þrep hreinsunar eins og sjá má mynd 2 en stærstur hluti þess er á höfuðborgarsvæðinu og Reykjanesinu. Aðeins um 1% fráveituvatns Íslendinga fer í gegnum seinna þrepið sem er frekari hreinsun á skólpinu með líffræðilegum ferlum svo sem eyðingu lífrænna efna með örverum (Akureyri, 2001).



Mynd 2. Hreinsun fráveituvatns eftir íbúafjölda (Umhverfisstofnun, 2003).

Samkvæmt reglugerð nr 798/1999 má losa frá 10.000 til 150.000 persónueiningar af skólpi með eins þreps hreinsun á strandsvæðum sem tilgreind eru sem síður viðkvæm. Einnig er leyfilegt að losa 150.000 persónueiningar af skólpi með eins þreps hreinsun á svæðum þar sem sannað þykir að seinna þrepið hafi ekki umhverfisbætandi áhrif. Þessi regla gildir fyrir höfuðborgarsvæðið sem eins og sjá má á mynd 3. telur yfir 150.000 manns (Umhverfisstofnun, 2003).



Mynd 3. Skólphreinsun skipt eftir landshlutum árið 2002 (Umhverfisstofnun, 2003).

Árið 2002 var engin hreinsun á skólpi á Norðurlandi eystra eins og sjá má á mynd 3. Akureyri er þar engin undantekning og allt affallsvatn frá íbúum bæjarins fer út Eyjafjörðinn í nokkrum útfallsrörum. Skólpmál bæjarins standa þó til bóta og hafist hefur verið handa við samtengingu skólplagna bæjarins með dælustöðvum eins og þá sem sjá má á mynd 4. Einnig stendur til að setja upp eins þreps skólphreinsun sem tekur við skólpi frá íbúum og iðnaði Akureyrarbæjar og verður hún staðsett á landfyllingu norðan Sandgerðisbótar (Akureyri, 2001, Helgi M. Pálsson, munnleg heimild, 10. apríl 2007).



Mynd 4. Ein af skólpdælustöðvum í Akureyrarbæjar

Skólp sem meðal Íslendingur skilar af sér er um 235 lítrar á sólarhring. Í sveitafélaginu Akureyri eru 16.822 íbúar en þar af eru 172 skráðir í Hrísey og lítill hluti Akureyringa er utan skólpkerfisins. Það þýðir að ef við gefum okkur að 172 íbúar Hríseyjar, 48 íbúar á býlum utan Glerár og 75 íbúar á býlum innan Glerár séu ekki tengdir skólpkerfi Akureyrarbæjar þá er skólp magn á sólarhring um 3.9 milljónir lítra. Á ársgrundvelli skila íbúar svæðisins frá sér 1,43 milljónum m^3 af skólpi. Skólp frá iðnaði eykur heildarmagnið til muna en erfitt er að segja til um hversu mikið það er. Talið er þó líklegt að það sé tvöfalt meira en skólp frá íbúum svæðisins (Akureyri, 2006, Akureyri, 2001).

2.1.3 Lífrænt sorp

Töluvert magn lífræns sorps fellur til á Eyjafjarðarsvæðinu en gróflega áætlað eru það um 21.000 tonn árlega. Lengst af var stærstur hluti lífræna sorpsins urðaður með öðrum úrgangi á Glerárdal. Árið 2005 voru aðeins 4500 tonn endurunnin eða 22% af heildarmagni lífræns sorps sem fellur til á svæðinu (VGK, 2006).



Mynd 5. Jarðgerðarsvæði Tætingar hf.

Stór hluti endurunna lífræna sorpsins er jarðgerður af Tætingu ehf á Glerárdal sem sjá má á mynd 5. Fyrirtækið tekur við fisk- og sláturúrgangi frá öllum sveitarfélögum Eyjafjarðarsvæðisins nema Hörgárbyggð, Svalbarðstrandarhreppi og Arnarneshreppi (Jörundur H. Þorgeirsson, munnleg heimild 17. apríl 2007).

Fisk- og sláturúrgangur eru þó aðeins tæplega 17% heildarmagns lífræns sorps sem fellur til á svæðinu eins og sjá má í töflu 3.

Tafla 3. Magn lífræns sorps á Eyjafjarðarsvæðinu á ári (VGK, 2006).

Úrgangsflokkur	Sorp magn (tonn/ári)			
	Rekstur	Heimili	Alls	
Dagblöð/tímarit/auglýsingar		1.263	1.263	5,9%
Drykkjarumbúðir úr pappa		99	99	0,5%
Fiskúrgangur	1.414		1.414	6,6%
Garðaúrgangur (eingöngu á Akureyri)	346	691	1.037	4,8%
Gras (40% þurrefnisinnihald)	230	230	460	2,1%
Kjöt- og sláturúrgangur	2.143		2.143	10,0%
Matarleifar	207	2.067	2.274	10,6%
Seyra		79	79	0,4%
Timburumbúðir	525		525	2,4%
Timburúrgangur	1.351		1.351	6,3%
Umbúðapappi	1.024	565	1.589	7,4%
Þéttbýlishrossatað		1.250	1.250	5,8%
Ölgerðarhrat	600		600	2,8%
Annað	6.840	539	7.379	34,4%
Alls	14.680	6.783	21.463	100,0%
	68,4%	31,6%		

Tæplega 67% þess sláturúrgangs sem fellur til á Eyjafjarðarsvæðinu kemur frá sveitarfélaginu Akureyri. Svalbarðsstrandarhreppur og Hörgárbyggð urða sitt lífræna sorp enþá en frá þeim tveim sveitarfélögum falla til rúmlega 28% alls sláturúrgangs af Eyjafjarðarsvæðinu eins og sjá má í töflu 4.

Tafla 4. Áætlað magn sláturúrgangs á Eyjafjarðarsvæðinu (VGK, 2006).

	Magn (kg)		
	Kjötúrgangur	Sláturúrgangur	Alls
Akureyri			
Norðlenska	393.500	1.037.600	1.433.600
Óskilgreint		2.500	
Alls	393.500	1.040.100	
Arnarneshreppur			
Óskilgreint		1.200	1.200
Alls		1.200	
Dalvíkurbyggð			
Dýrholt		17.300	23.200
Matfugl		5.900	
Alls		23.200	
Eyjafjarðarsveit			
Óskilgreint		41.900	41.900
Alls		41.900	
Grýtubakkahreppur			
Óskilgreint		34.300	34.300
Alls		34.300	
Hörgárbyggð			
B. Jensen	49.200	224.000	292.400
Óskilgreint		19.200	
Alls	49.200	243.200	
Ólafsfjörður			
Svalbarðsstrandarhreppur			
Kjarnafæði	302.000		316.700
Óskilgreint		14.700	
Alls	302.000	14.700	
Alls	744.700	1.398.600	2.143.300

Auk þess sláturúrgangs sem fellur til á hverju ári á Eyjafjarðarsvæðinu er mikið magn sem fellur til á Húsavík vegna sauðfjárslátrunar frá stórum hluta af Norður- og Austurlands. Þessi

úrgangur kemur ekki fram í töflu 4 vegna legu Húsavíkur utan Eyjafjarðarsvæðisins. Um er að ræða 1.350 tonn sem falla til í september og október sem mögulegt er að Húsavík sé tilbúið að greiða fyrir að losna við (VGK, 2006).

Í heildina falla til rúmlega 1.400 tonn af fiskúrgangi á hverju ári frá fiskvinnslum svæðisins. Þar á Dalvíkurbyggð stærstan hlut eins og sjá má í töflu 5 en um 74% alls fiskúrgangs kemur þaðan. Akureyri kemur næst með rúmlega 18% hlutdeild.

Tafla 5. Áætlað magn fiskúrgangs á Eyjafjarðarsvæðinu á ári (VGK, 2006).

	Magn (kg)	
	Fiskúrgangur	Alls
Akureyri		
Strýta	26.100	260.800
Brim	208.600	
Óskilgreint	26.100	
Arnarneshreppur		48.100
Samherji	48.100	
Dalvíkurbyggð		1.048.000
Árós	55.800	
Bakkalá	292.000	
Dagmann	3.900	
Hafmár	4.500	
Norðurströnd	19.400	
Samherji	672.400	
Eyjafjarðarsveit		-
Grýtubakkahreppur		-
Hörgárbyggð		-
Ólafsfjörður		33.600
Óskilgreint	33.600	
Svalbarðsstrandarhreppur		23.000
Fiskihús GJS	3.000	
Hafblik	20.000	
Alls	1.413.500	1.413.500

Töluvert er af öðrum úrgangi sem ekki eru til nákvæmar magntölur um en hægt væri að nýta til gösunar. Þar ber að nefna grænmetis- og

kornúrgang ásamt því að árlega falla til 2.000-5.000 heyrúllur á Eyjafjarðarsvæðinu (VGK, 2006, Þóroddur Sveinsson, munnleg heimild, 28. febrúar 2007).

3 Lífgas

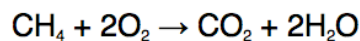
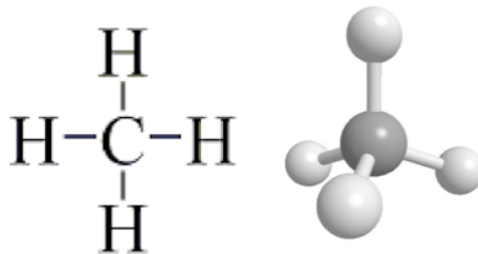
3.1 Eiginleikar lífgass

Hægt er að breyta lífmassa í orku með varmaefnafræðilegum og lífræðilegum ferlum. Þar er annars vegar átt við hitun lífmassa þar sem kolefni færast í gasform úr föstuformi og hins vegar þar sem bakteríur er notaðar til gerjunar. Lífgas hefur misjafna samsetningu eftir ferilhitastigi og viðverutíma en eiginleikar hráefnisins sem það er unnið úr, skipta þó mestu. Gasið er mettað af vatnsgufu en stærsti hluti gassins er metan eða á bilinu 45-85%. Koltvíoxíð er yfirleitt 15-45% heildarmagns gassins og vetnissúlfíð er 0-2%. Önnur efni sem má finna í gasinu eru köfnunarefni, vetni og ammóníak en þau eru yfirleitt innan við 1% (Maniatis, e.d., Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

Lífgas er ekki auðbrennanlegt og þarf hlutfall þess á móti lofti að vera 6-12% til að bruni geti átt sér stað. Einnig er lífgas örlítið eðlisléttara en loft og þess vegna safnast það ekki fyrir í dældum heldur stígur upp. Þetta eru góðir eiginleikar vegna öryggis við notkun gassins. Gallar gassins eru þeir að orka á rúmeiningu er lítil og það þarf að geyma það undir þrýstingi svo geymirinn verði ekki allt of stór. Einnig er nauðsynlegt að hreinsa vetnissúlfíðið og vatnsgufuna úr kerfinu áður en það er sett í notkun til verja tækjabúnað fyrir tæringu (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

3.2 Eiginleikar metans

Metan er lyktar- og litarlaust gas sem hefur bygginguna CH_4 og því mólmassa 16.0425 g/mol. Sameindin metan er einfaldasti alkaninn og eins og sjá má á mynd 6. er eitt kolefni bundið fjórum vetnisatómum. Eðlisþyngd þess er $0,717 \text{ kg/m}^3$ og suðu- og bræðslumark þess eru $-161,6^\circ\text{C}$ og $-182,5^\circ\text{C}$. Bruni einnar metansameindar í súrefni losar eina sameind af koltvíoxíði og tvær sameindir vatns eins og sjá má á mynd 6 (International labour organization, 2000).



Mynd 6. Efnafræðileg bygging metans og brunajafna þess í súrefni.

Metan myndast við niðurbrot lífrænna efna og ekki er talað um bruna metans sem viðbót við koltvíoxíðmagn andrúmslofsins. Ástæða þess er sú að plöntur binda koltvíoxíð úr andrúmsloftinu og nýta sér til vaxtar. Þegar lífræn efni eins og t.d. plöntur deyja, rotna þær og skila kolefninu út í loftið aftur, þá að hluta til á formi metans. Metan sem nýtt er við rotnun lífrænna efna er í raun bundin sólarorka og umbreyting þess í koltvíoxíð er hluti af hringrásarferli í náttúrunni. Þegar metanríkt gas myndast með loftfirrtu niðurbroti lífrænna efna er talað um lífgas. Uppsprettur lífgass eru til dæmis mýrar, urðunarstaðir, skólþ og búfjáraburður. Metan er öflug gróðurhúsalofttegund og er almennt talinn 23 sinnum virkari en koltvíoxíð. Náttúrulegar uppsprettur metans eru loftfirrt niðurbrot lífrænna

efna, háhitasvæði, eldfjöll o.fl (Maniatis, e.d., Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Orka metangass er á formi efnaorku og helsti kostur hennar er að unnt er að geyma hana í tönkum og auðvelt er að nota hana án mikils orkutaps. Metanið í lífgasinu er mjög orkurík gastegund og hefur fjölbreytta notkunarmöguleika. Með bruna er hægt að nýta það á fjölbreyttan hátt svo sem við gaskyndingu, á kælitæki og á gaseldavélar. Algennt er brenna það í hitaafstöðvum og búa til rafmagn og varma (Maniatis, e.d., Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

Hér á landi er ekki hentugt að brenna metangasinu í hitaafstöðum vegna lágs verðs á heitu vatni og rafmagni frá endurnýjanlegum orkugjöfum. Sá kostur sem er fýsilegastur hér á landi er að nýta gasið sem eldsneyti á bifreiðar eða í iðnaði. Allt eldsneyti á bifreiðar og vinnuvélar er innflutt og þess vegna næðist mestur hagnaður með því að nýta það við bruna í vélum.

4 Innviðir til eldsneytisnotkunar metans

4.1 Metanbifreiðir

Í dag ganga um 4,7 milljónir bifreiða í heiminum fyrir metani en þar af eru 600.000 bifreiðir í Evrópu. Jarðgas er notað í flestum tilfellum sem eldsneyti á þessa bifreiðir en metan úr lífgasi hentar ekki síður vel. Metangasvélar eru notaðar í mörgum mismunandi tækjum. Sem dæmi má nefna fólksbifreiðir, vöruflutningsbifreiðir, lyftara, rútur, lestir og rafala. Flestir bifreiðaframleiðendur í heiminum framleiða bifreiðar sem ganga fyrir metani (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

4.1.1 Metan sem eldsneyti á ökutæki

Notkun metans sem eldsneyti á ökutæki hefur marga kosti fram yfir hefðbundið jarðefnaeldsneyti. Sem dæmi eru stærri bifreiðar knúnar metani, svo sem vöruflutningabílar, mun hljóðlátari en sambærilegar bifreiðar sem ganga fyrir dísilolíu. Þessi kostur gerir þær afar hentugar í innanbæjarakstri og þá sérstaklega sem strætisvagna og sorpbíla. Samfélagslegur hagnaður af notkun lífeldsneytis svo sem metans á bifreiðar er óneitanlega mikill. Metan er innlendur orkugjafi og þess vegna sparar notkun þess samfélaginu fjármuni sem annars færu innflutning jarðefnaeldsneytis. Mikilvægur kostur við að framleiða eigið eldsneyti er að vera ekki algerlega háður erlendum þjóðum um eldsneyti á ökutæki (Björn H. Halldórsson, 2004).

Tafla 6. Umhverfislegur sparnaraður af notkun metans sem ökutækjaeldsneyti í stað bensíns (Björn H. Halldórsson, 2004).

Útblástur	Metan (g/km)	Bensín (g/km)	Sparnaður miðað við 20.000 km/ári (g)	Fjöldi bensínbíla í sparnaði metans
CO ₂	2,000	225,70	4.474.000	112,9
CO	0,101	0,53	8.520	5,2
NO _x	0,086	0,19	2.080	2,2
NMHC	2,295	189,70	3.748.100	82,7
SO _x	3,240	82,01	1.575.400	25,3
Agnir/sót	5,540	13,77	164.600	2,5

Helsti kosturinn við notkun metans sem eldsneyti á ökutæki í stað bensíns er fólgin í umhverfislegum sparnaði. Í töflu 6 er útblástur við notkun metans og bensíns borinn saman. Tekið skal fram að þetta er líftímareikningur þar sem innifalin eru öflun og flutningur eldsneytis ásamt beinni mengun af völdum notkunar. Í töflunni eru helstu útblásturefni skoðuð og í síðasta dálknum er tekið fram hversu margar metanbifreiðir þurfi til að menga jafn mikið og ein bensínbifreið. Misjafnt er eftir mengunarefnum hversu mikill munurinn er en að meðaltali er hægt að keyra 38 metanbifreiðir í stað einnar bensínbifreiðar (Björn H. Halldórsson, 2004).

Sérstaklega sláandi er munurinn á losun koltvíoxíðs (CO₂) en 113 metanbifreiðir þarf til að losa jafn mikið og ein bensínbifreið. Talið er að nú séu um 600 bifreiðir á hverja 1000 íbúa á Íslandi. Um 16.000 íbúar eru á Akureyri og því er líklegt að um 9600 bifreiðir séu á svæðinu. Ef það væru eingöngu metanbifreiðir yrði koltvíoxíðslosunin sú sama og ef um 85 bensínbifreiðir væri að ræða.

Raunveruleg losun koltvíoxíðs með bruna metans er meiri en kemur fram í töflu 6. Munurinn liggur í því að koltvíoxíð sem myndast við bruna metans er ekki koltvíoxíðviðbót í andrúmsloftið eins og verður við bruna jarðefnaeldsneytis. Sá útblástur sem kemur fram í töflu 6 er að mest til kominn við framleiðslu tækjabúnaðar, flutning og framleiðslu á metani.

Tafla 7. Orkugildi hauggassi (Metan hf, 2007a).

1 Nm³ af hauggasi samsvarar
0,57 Nm ³ af hreinsuðu metani 97% hreinu
0,41 kg af hreinsuðu metani 97% hreinu
5,8 kWh af hráorku
1 Nm ³ af hreinsuðu metani = 1,12 lítrar af 95 oktan bensíni

Eins og staðan er í dag er ódýrara fyrir neytendur að kaupa metan en bensín. Lítraverð á 95 okтана bensíni er misjafnt en algengt verð með þjónustu er 123,8 kr/l. 1 Nm³ af metani samsvarar í orkulegu jafngildi 1,12 lítrum af 95 okтана bensíni eins og sjá má í töflu 7. Metan kostar 88 kr./Nm³ en það samsvarar í orku jafngildi 78,6 kr./l. af 95 okтана bensíni. Metan kostar því 36,5% minna fyrir neytendur en bensín. Engin veggjöld eru á metani í dag og ef þeim væri bætt við yrði verð á metani nánast það sama og á bensíni (Skeljungur hf, 2007, Björn H. Halldórsson, 2004, Metan hf, 2007a).

4.1.2 Mismunandi metanvélar fyrir bifreiðar

Þó nokkrar mismunandi tæknilegar útfærslur eru til af metanvélum fyrir bifreiðar. Mismunur vélanna liggur helst í möguleikum þeirra til þess að nýta fleiri en eina tegund eldsneytis.

Venjulega, þegar talað er um fjölorku eða tvíorku metanbíla, er átt við venjulegan dísilbíl þar sem vélin hefur verið uppfærð með nokkrum aukahlutum svo hún geti brennt dísilolíu eða bensíni til jafns við metan. Þessar vélar eru yfirleitt kallaðar e.dual-fuel og má sjá nánar um þær í töflu 8 (Jensen, 2006). Bifreiðar sem nota eingöngu metan, eins og sjá má

á mynd 7, eru einnig nokkuð mikið notaðar þrátt fyrir fyrir að hafa ekki jafn fjölbreytta eldsneytismöguleika og fjölorkubifreiðarnar.



Mynd 7. Yfirlitsmynd af tæknibúnaði e.monovalent metanbifreiðar (NGVA, 2007).

Kostir þess að nota tví- eða fjölorkubifreið eru sveigjanlegir notkunarmöguleikar á eldsneyti. Hægt er að keyra á metani þar til það klárast og færa sig yfir í annan orkugjafa ef nauðsyn ber til. Metan er hreinni orkugjafi en dísilólía og endingartími vélarinnar eykst við notkun metans í stað dísilólíu. Það er vegna hreinni bruna metangass en dísilólíu sem fer betur með vélina (Jensen, 2006).

Tafla 8. Nokkrar tegundir metanvéla (International association for natural gas vehicles, 2006a).

Tegund vélar	Tæknilegar upplýsingar
Dual-fuel	Nýta sér blöndu af metani og dísilólíu við bruna. Dísilólíunni er dælt beint inn í brunahólfið og hún er notuð til að kveikja upp í eldsneytinu. Metaninu er dælt inn í brunahólfið gegnum loftinntakið og þar blandast gasið við dísilólíuna. Kostir þessarar vélar eru þeir að það hægt er að keyra hana á 0-80% metani. Dual-fuel vélar eru yfirleitt lítillega breyttar dísilvélar og geta því keyrt á óblandaðri dísilólíu ef metanbirðir klárast.
Bi-fuel eða Bivalent	Ganga annaðhvort fyrir metani eða jarðefnaeldsneyti. Þessar vélar þurfa alltaf að hafa jarðefnaeldsneyti svo sem dísilólíu fyrst þegar vélin er gangsett. Eftir nokkrar mínútur skiptir vélin yfir í metan og gengur á því nema ef það klárast þá fer hún aftur í jarðefnaeldsneytið.
Dedicated, mono-fuel eða Monovalent	Eru kallaðar spark ignited vélar vegna kveikjubúnaðar sem þær hafa. Þessar vélar eru einstakar að því leyti að þær ganga eingöngu fyrir metani. Þrátt fyrir það er hægt að hafa varatank með dísilólíu en ekki er mælt með því að keyra mikið á henni þar sem vélin er stillt fyrir metannotkun.
Tri-fuel vélar	Nýleg tækni en fyrstu bílamir með þessari vél komu fram á sjónarsviðið í Brasilíu 2005. Þessar vélar eru blanda af e.flex-fuel vél og vél sem gengur fyrir metani. Flex-fuel vél getur gengið á jarðefnaeldsneyti og etanóli sitt í hvoru lagi eða saman í blöndu. Tri-fuel vél sameinar kosti þessara véla og neytandinn getur valið hvaða eldsneyti hann kys að nota.

Hér á landi voru fyrstu metanbílar sem komu á götuna ökutæki sem gengu fyrir metani til jafns við bensín. Þetta voru fyrstu og annarar kynslóðar bifreiðar og þóttu ekki góðar miðað við sambærilega bíla sem eingöngu gengu fyrir bensíni. Í heildina voru flutt inn 45 ökutæki á árunum 2000-2005, allt minni tæki svo sem fólksbifreiðar. Í dag eru um 50 fólksbifreiðar og 2 strætisvagnar í notkun á Íslandi (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006, Metan hf. 2007b).

Vélarnar henta misvel eftir aðstæðum á hverjum stað fyrir sig. Eins og staðan er í dag á Íslandi er aðeins ein metanáfyllingarstöð og þess vegna hentar best mögulegt sé að keyra þær vélar eingöngu á dísilolíu.

4.2 Orkugeymsla og áfyllingartækni

Mikilvægur hluti þess hversu hentugt metan er sem eldsneyti á bifreiðar er einföld og örugg tækni við geymslu og áfyllingu þess á ökutæki. Áfylling metans er venjulega öruggari en áfylling með dísilolíu eða bensíni.

Einnig tekur það álíka langan tíma en þó aðeins mismunandi eftir því hvernig tækni er notuð við geymslu metansins.

Tvær geymsluaðferðir eru mest notaðar í heiminum í dag. Í fyrsta lagi er gasið sett undir mikinn þrýsting eða um það bil 250 bör og geymt þannig í stáltönkum. Í öðru lagi er gasið kælt niður fyrir -162°C til að koma því í fljótandi form. Kosturinn við þessa aðferð er sá að þéttleiki gassins eykst til muna við umbreytingu í fljótandi form. Vandamálið við fljótandi gas er geymsla þess en halda verður hitastigi þess undir -162°C og þess vegna krefst það sérstakrar geymslutækni í bifreiðum. Almennt er fljótandi gas yfirleitt notað í stærri tækjum svo sem vörubílum en þjappað gas í minni bílum (International association for natural gas vehicles, 2006b).

4.3 Flutningur metans

Erlendis er hreinsað jarðgas mikið notað til eldunar, hitunar o.fl. og þess vegna er flutningskerfi gass með gaslögnum víða til staðar. Mikil notkun jarðgass bæði í iðnaði og til heimilsnotkunar er á þessum svæðum en það kemur til af því að jarðgas er frekar ódýr orkugjafi. Þess vegna er einfalt að tengjast þessum kerfum bæði sem framleiðandi metans og við uppsetningu áfyllingarstöðva fyrir bifreiðar.

Hér á landi hefur lítið verið notað af metani og það er fyrst árið 2003 þegar hauggashreinsistöð Metans hf á Álfsnesi hóf starfsemi sína að þörf myndaðist á stórflutningum metans. Fyrst í stað var hér stundaður landflutningur með gámum. Slíkir flutningsgámar eru sérútbúnir og hafa þrýstihylki þar sem metani er haldið við 250 bara þrýsting. Þegar komið er á áfyllingarstöðina eru þeir tengdir beint við dæluna. Þessi leið þótti ekki nægilega góð þar sem þrýstingur fellur hratt í gámunum og þeir taka lítið magn metans. Áfyllingarstöðin var uppfærð og hefur dag forðageymslur í formi háþrýstiflaskna og með eigin þjöppu (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

Við þessar breytingar á áfyllingarstöðinni varð fyrst til sá möguleiki að leggja gaspípu frá hauggashreinsistöð Metans hf að áfyllingarstöðinni. Metangasið er flutt undir 10 bara þrýstingi í lögninni og þess vegna er nauðsynlegt að hafa þjöppu til að fylla á háþrýstiflöskurnar. Þessi lögn er 100 mm í þvermál og úr (PEH) plasti (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006). Það er ljóst að ef metannotkun á bifreiðar eykst þá skiptir miklu máli að ná fram hagkvæmni við flutning eldsneytisins. Þá er gaslögn talin besta lausnin ef hreinsistöð er innan viðráðanlegrar fjarlægðar frá áfyllingarstöð. Kostnaður við lögn er þó nokkur en 10 km gaslögn sem Metan hf er nú að leggja kostar um 90 milljónir (Björn H. Halldórsson. munnleg heimild, 18. apríl 2007).

5 Gösun

5.1 Fortíð og framtíð gösunar lífmassa

5.1.1 Saga gösunar lífmassa

Lífgas hefur verið notað í 200 ár og var í upphafi notað til kyndingar bræðsluofna. Fljótlega sáu menn möguleika í nýtingu gassins sem varma- og orkugjafa. Í síðari heimstyrjöldinni þegar mikil vandamál voru með flutning á jarðeldsneyti milli landa var það nýtt sem eldsneyti á fjölda farartækja. Áratugina á eftir hægði á þróun á flestum sviðum lífgassvinnslu vegna aukinnar hagkvæmni í vinnslu og flutningum á jarðefnaeldsneyti. Þrátt fyrir það voru litlir, færanlegir gasarar í stöðugri þróun og smáir lífmassagasarar voru byggðir fyrir ýmist hita- eða rafmagnskerfi. Þau gösunarkerfi sem voru mest áberandi voru níu Bioneer lífmassagasarar, byggðir í Finnlandi og Svíþjóð á tímabilinu 1982-1986. Á sama tíma voru lágþrýstingsbrennarar af hringrásarvökvabeðs gerð (e. low-pressure circulating fluidised bed), sem voru þróaðir til að vinna eins og brennsluflæðisgasarar (e. pyroflow). Fjórir gasarar af þeirri tegund voru byggðir í Finnlandi, Svíþjóð og Portúgal og voru 17 til 35 MW_{th} af stærð. Gasið var aðalega notað til að kveikja upp í kalkofnum og við þá brunaferla sem þarf í pappírverksmiðjum. Helstu hvatar fyrir notkun lífmassagas við þessa ferla var hátt verð jarðefnaeldsneytis og var þessi leið mun hagkvæmari (Babu, 2005, Rajvanshi, 1986).

Fyrsti 35 MW_{th} brennsluflæðis gasarinn var settur upp í Wisaforest Oy pappírverksmiðjunni í Pietersaari í Finnlandi. Hann var tekinn úr notkun 2004 eftir meira en 20 ára notkun við að kveikja upp í kalkbrennsluofni (Babu, 2005).

Hér á landi er hauggasi safnað á Álfsnesi en það er eini staðurinn á landinu þar sem lífgasi er safnað. Fyrst um sinn var hauggasinu safnað eingöngu til brennslu, með það að sjónarmiði að minnka gróðurhúsaáhrif af völdum úrgangs frá höfuðborgarsvæðinu (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

Fljótlega eftir að söfnun lífgass hófst á Álfsnesi var farið að skoða möguleika á nýtingu gassins í stað þess að brenna því. Lífgas erlendis er yfirleitt notað til rafmagns og varmaframleiðslu. Hér á landi er raf- og varmaorka frekar ódýr og þess vegna er mun æskilegra að reyna að nýta metans á ökutæki. Árið 2000 var hreinsistöð byggð á Álfsnesi en með henni er hægt að vinna metan úr lífgasi. Þessi hreinsistöð notar vatnsþvottatækni þar sem vatn er notað til að þvo koltvíoxíð úr lífgasinu og eftir stendur 96-98% metan. Einnig var í leiðinni opnuð áfyllingarstöð hjá Esso á Bíldshöfða sem getur þjónað minni bílum. Í ársbyrjun 2005 var dælt 700 Nm³/h af hauggasi úr haugnum og það nægir til að keyra 4500 metanbíla á ársgrundvelli (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

Aðeins brot af því hauggasi sem mætti nýta til metanframleiðslu er hreinsað, vegna lítillar notkunar metanbifreiða. Langstærsti hluti hauggassins var því brenndur í upphafi. Árið 2003 opnaði Orkuveita Reykjavíkur 840 kW rafstöð sem gengur fyrir óhreinsuðu hauggasi. Heildarnotkun rafstöðvarinnar af hauggasi árið 2005 var 1,5 milljón Nm³ en á sama tímabili voru seldir aðeins 36.000 Nm³ af metani á bifreiðar (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

5.1.2 Möguleikar á orkunýtingu lífmassa í Evrópu

Verð á olíu þrefaldaðist á árunum 2002-2005 og um tíma á árinu 2006 var verð á olíutunnu í sögulegu hámarki, eða yfir 70 dollara tunnan. Þessi mikla hækkun kemur harðast niður á ökutækjaeigendum og í flutningsiðnaðinum vegna þess að nær eingöngu er notuð olía á þeim markaði. Hingað til hefur ekki verið hægt, að minnka eða jafna útblástur

gróðurhúsalofttegunda frá flutningsiðnaðnum, þrátt fyrir að miklar tæknilegar framfarir á eldsneytisnýtni véla hafi átt sér stað. Ástæður þess eru að þjóðir eins og Kína og Indland hafa sótt í sig veðrið og stækkað bílaflota sinn töluvert síðustu ár. Vestrænar þjóðir hafa einnig fjölgað bifreiðum á hvern einstakling þannig að losun gróðurhúsalofttegunda hefur litið minnkað (Commission of the European communities, 2005).

Í dag eru um 4% orku í Evrópu fengin úr lífmassa en mögulegt er að auka þann hlut töluvert. Ef Evrópuþjóðirnar myndu nýta til fulls þá möguleika sem til staðar eru væri hægt að auka lífmassanotkun til orkuframleiðslu um rúmlega helming frá 2003 til ársins 2010. Aukningin yrði því úr um 69 mtoe (e. million tons of oil equivalent) árið 2003 í 185 mtoe 2010. Þessum markmiðum er hægt að ná með nýtingu afgangs- og aukalandbúnaðarvara og þannig hafa lítil sem engin áhrif á matarframleiðslu. Ekki er talið að þessum markmiðum verði náð strax en líklegast er að 150 mtoe markinu verði náð um eða eftir 2010 (Commission of the European communities, 2005).

Kostir þess að auka nýtingu lífmassa til orkuframleiðslu upp í 150 mtoe 2010 eru margir og hafa bæði vísinda- og hagrænar rannsóknir sýnt fram á það. Meðal annars mun fjölbreytileiki í orkumálum Evrópu aukast og hlutur endurnýjanlegrar orku aukast um 5% ásamt því að minnka innfluting á orku úr 48% í 42%. Þetta myndi leiða af sér minni losun gróðurhúsalofttegunda um sem nemur 209 milljón tonnum af CO₂ á ári. Talið er að skapist á milli 250.000 -300.000 störf í beinum tengslum við þessar breytingar og þá aðallega í dreifbýli. Einnig er möguleiki á lækkun olíuverðs í kjölfar minni eftirspurnar. Ef sú yrði staðan og olíuverð lækkaði um 10% þá yrði sparnaður sem nemur 9 milljörðum evra í Evrópusambandinu, þar af 6 milljarðar evra vegna bifreiða og annarra flutninga og 3 milljarðar evra vegna rafmagnsframleiðslu. Hagnaður sem einnig er litið til í þessu sambandi er hugsanlegt tæknilegt leiðtogahlutverk Evrópusambandsins í nýtingu lífmassa til orkuframleiðslu (Commission of the European communities, 2005, Babu, 2005).

Rammaáætlun hefur verið gerð um hlutfall lífeldsneytis af heildar eldsneytisnotkun. Þau markmið voru sett að árið 2005 væru 2% þess eldsneytis, sem selt yrði innan Evrópusambandsins, lífeldsneyti. Þá hljóða framtíðarmarkmið uppá að 5,75% eldsneytis árið 2010, verði lífrænt og að árið 2020 verði 20% þess eldsneytis sem notað er í Evrópu-sambandslöndunum af öðrum toga en bensín og olía. Markmiðum um 2% lífrænt eldsneyti var ekki náð og miðað við þau einstöku markmið sem lönd innan Evrópusambandsins settu sér þá hefði aldrei verið hægt að komast yfir 1,4% markið. Til að ná markmiðum sínum hafa mörg aðildarlönd Evrópusambandsins treyst á lækkun eldsneytisskatta á lífeldsneyti til að auka hlut þess á markaði. Einnig hafa nokkur lönd nýlega sett reglur þess efnis að söluaðilar eldsneytis verði að hafa lífeldsneyti sem ákveðið hlutfall af því eldsneyti sem þeir selja á markaði. Þessi höft sem sett hafa verið á olíusölufyrirtækin þykja lofa góðu og skattaafsláttur á að tryggja að markmiðum verði náð án mikils aukakostnaðar (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006, Commission of the European communities, 2005).

Til að ná markmiðum Evrópusambandsins um hlutfall lífeldsneytis á markaði þarf að hvetja almenning til að kaupa bíla sem ganga fyrir því. Markmiðið er að meðaltalsútblástur bíla verði 120g/km af CO₂ í framtíðinni. Evrópusambandið hyggst efla stuðning við bílaframleiðendur til bættrar tæknunnáttu í lífeldsneytisnýtingu (Commission of the European communities, 2005).

5.2 Gösun lífmassa með hitun

Gösun lífmassa með hitun er ferli þar sem lífmassa er breytt í gas með varmaefnafræðilegu ferli. Segja má að gösun sé ferli þar sem fast eða fljótandi, kolefnisríkt efni sem inniheldur að mestu efnatengd kolefni,

vetni, súrefni og síðan ýmis lífræn- og ólífræn efni, er hitað upp og lífgasi úr ferlinu safnað. Mestu af ólífrænu grunnefnunum í hráefninu er búið að breyta efnafræðilega eftir gösunina og þau eru meðal annars afhlaðin sem botnaska (Babu, 2005).

Margar tegundir gasara hafa verið þróaðar og hægt hefur verið að nýta þá við ýmis iðnaðarferli. Þýðingarmiklum árangri hefur verið náð á síðustu árum en helstu vandamál flestra gösunarferlanna eru þau að ennþá er skortur á öflugri og hagkvæmari leið til hreinsunar tjöru sem fellur út í gösunarferlinu (Maniatis, e.d.).

Mögulegt er að gasa með hitun nær öll lífræn efni. Þau efni sem henta illa til metagerjunar gasast vel við hitun. Það geta verið hráefni sem innihalda hátt hlutfall trénis eða hráefni sem innihalda meltunarhamlandi efni svo sem sápu, sýklalyf o.fl.. Hátt þurrefnisinnihald hráefnis er nauðsynlegt fyrir flestar tegundir gasara með hitun til að spara orku sem annars fer í uppgufun vatns (Babu, 2005, Maniatis, e.d., Kopf-Zukunftstechnologie, e.d.).

Síðasta áratuginn hefur einnig aukist áhugi á ræktun planta til orkuframleiðslu. Sérstaklega hefur áhuginn beinst að fljótsprotnum trjáplöntum þar sem ná má sem mestum lífmassa úr hringrásinni á sem skemmstum tíma. Hvatning til aukinnar trjáræktar til eldsneytisframleiðslu hefur einnig jákvæð áhrif gagnvart gróðurhúsaáhrifum og hjálpar þjóðum heims að færast nær skuldbindingum Kyotobókunarinnar. Þessar hugmyndir hafa fengið góðan hljómgrunn til aukinnar framleiðslu eldsneytis úr lífmassa og að fjölga um leið störfum í landbúnaði (Maniatis, e.d.).

5.2.1 Tæknilegar lausnir við gösun með hitun

Helstu framleiðendur gasara í Evrópu og Norður-Ameríku eru um 50 talsins. Af þeim gösurum sem nú eru til sölu eru u.þ.b. með 75%

niðursogskerfi (e. downdraft), 20% vökvaflæðisbeðskerfi (e. fluidized bed system), 2,5% uppsogskerfi (e. updraft) og um 2,5% voru aðrar tegundir (Maniatis, e.d.).

Í töflu 9 má sjá kosti og galla nokkra gasara. Þar má sjá að niðursogsgasari getur gasað mikið hráefni og er ekki viðkvæmur fyrir ösku og tjöru. Það er mikilvægasti þátturinn við gasara með hitun og er ástæðan fyrir því að þessi tegund er sú algengasta í heiminum í dag.

Tafla 9. Kostir og gallar nokkurra gasara (Rajvanshi, 1986).

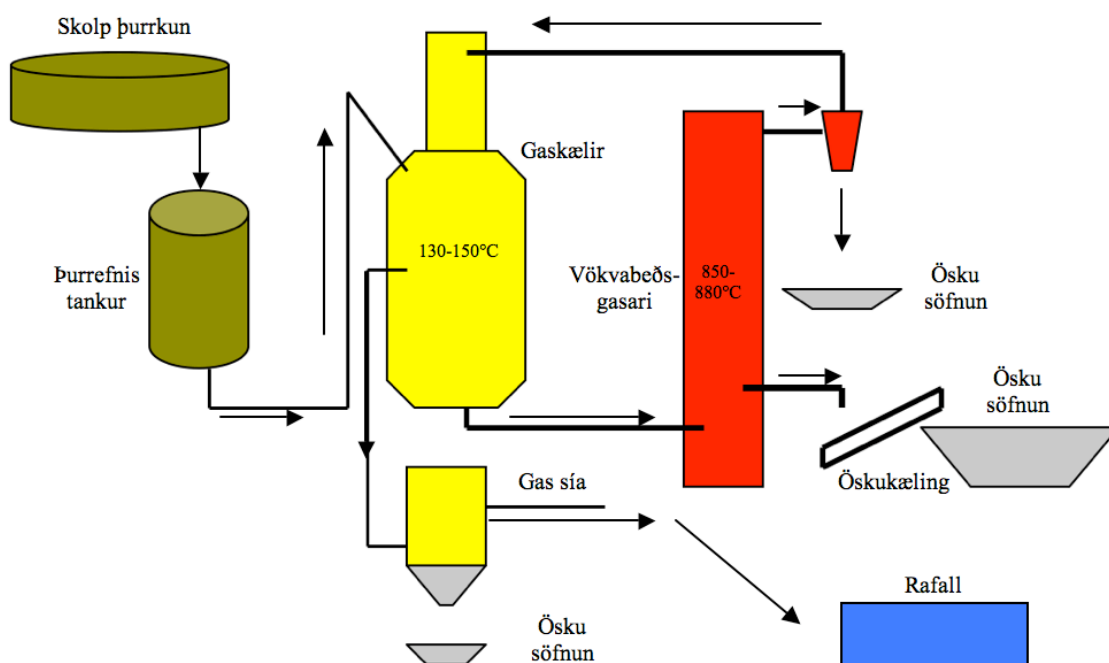
Tegund gasara	Kostir	Gallar
Uppsog (e. Updraft)	Lítið þrýstingsfall og góð varmanýtni	Viðkvæmur fyrir tjöru og raka, uppkveikja tekur langan tíma og gasar illa mikið hráefni í einu
Niðursog (e.downdraft)	Gasar misjafnan lífmassa án mikilla breytinga, ekki viðkvæmur fyrir ösku og tjöru	Gasarinn er mjög hár, geta verið vandamál við gösun ef hráefni er of smákorna.
Krossog (e. crossdraft)	Lítill hæð á gasara, fljótlegt að koma hráefni í gasarann og gasar misjafnan lífmassa án mikilla breytinga.	Mjög viðkvæmur fyrir gjallmyndun og mikið þrýstingsfall er í kerfinu

Í viðauka I er farið yfir mismunandi tegundir hitunargasara en tæknilegar útfærslur á gösurum með hitun eru þó nokkrar.

Mynd 7 er yfirlitsmynd af skólpgösunarverri með hitun. Þetta er ein af þeirra tæknilegu útfærslu sem er möguleg er en þetta lífgasver hefur vökvaflæðiþeðsgasara. Þetta er næst algengasta tegund gasara með hitun í heiminum í dag og hentar vel ef hráefnið er ríkt af steinefnum. Í þessari tegund gasara er heitu lofti blásið upp undir hráefnið ekki ólíkt því sem er í uppsogsgasara. Loftið undir gösunarefninu hegðar sér eins og sjóðandi vökvi við hitunina og gasar hráefnið. Kostir vökvabeðsgasara fram yfir niðursogsgasara eru möguleikar á gösun fjölbreyttara hráefnis (Rajvanshi, 1986).

Gösun í vökvabeðsgasara fer þannig fram að fyrst er hráefnið þurrkað þangað til þurrefnishlutfall þess er um 80%. Þá er hráefninu dælt í þurrefnistank eins og sést á mynd 8 en hann er geymsla fyrir gösunarverið

og úr honum er skammtað inn í gaskælinn með reglulegu millibili. Þar fer fram fyrsta stig gösunar en hann er einnig nýttur til að kæla niður gasið sem kemur frá gasaranum.



Mynd 8. Vökvabeðsgasari fyrir skólþ (Kopf-Zukunftstechnologie, e.d.).

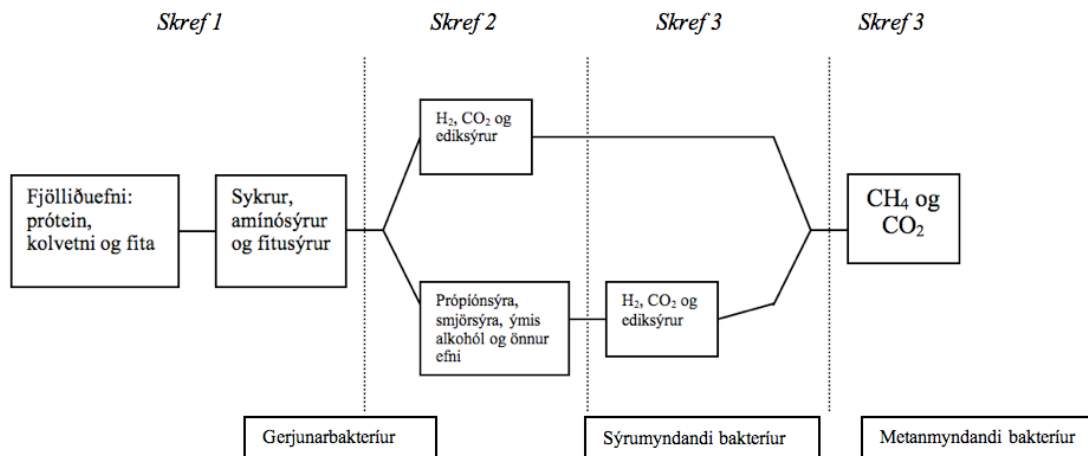
Aðal gassöfnunin fer fram í vökvabeðsgasaranum. Þar er hitastiginu haldið á bilinu 850-880°C en það er gert með bruna á lífgasi frá gasverinu sjálfu. Hráefnið er fært úr gaskælinum yfir í vökvabeðsgasaranum þar sem efnið er hitað þar til steinefnið er það eina sem eftir stendur. Gasið fer í gegnum skilju þegar því er dælt yfir gaskælinn og askan í gasinu skilst frá. Hitastig gassins lækkar niður í 130-150°C í gaskælinum og það blandast þar saman við gasið sem myndast í fyrsta skrefi gösunarinnar. Gaskælirinn lækkar hitastigið með því að sprauta vatni efst í kælinum yfir gasið en vatnið gufar upp á leiðinni niður. Þessi hraða hitastigslækkun lágmarkar myndun díoxíðs og fúrana sem geta myndast á bilinu 150-850°C. Eftir kælingu fer gasið í gegnum síu þar sem minnstu

rykagnirnar skiljast frá og er gasið þá tilbúið til þurrkunar. Mikill raki er til staðar í gasinu eftir ferlið en hluti rakans verður eftir í kælinum og afgangurinn er skilinn frá í sértakri miðflóttaafllsskilju (Kopf-Zukunftstechnologie, e.d.).

5.3 Gösun lífmassa með metangerjun

5.3.1 Efnafræði metangerjunar

Lífgas myndast við efnaskipti metanbaktería í gerjun. Metangerjun skiptist upp í fjögur skref eins og sjá má á mynd 9. Þau eru vatnsrof, sýrumyndun, ediksýrumyndun og gasmyndun og við ferlið taka þátt þrjár tegundir baktería. Vatnsrof er fyrsta skrefið og þá eru fjölliður brotnar niður með hjálp ensíma. Lífræn sambönd eins og kolvetni, prótín og fitur verða að styttri lífrænum samböndum þ.e.a.s. sykrum, aminosýrum og fitusýrum.



Mynd 9. Fjögur skref lífgasmyndunar með metangerjun (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Bakteríur nýta sér þessi lífrænu efnasambönd til efnaskipta eftir að þau leysast upp í vatni. Annað skrefið er sýrumyndun en á því brjóta gerjunarbakteríur niður efnin frá vantsrofsskrefinu og mynda lífrænar sýrur, vetni, alkóhól og koltvíoxíð. Sýrurnar sem myndast eru própíónsýra, ediksýra og smjörsýra en ediksýra er eina sýran sem metanbakteríurnar geta notað með vetninu og koltvíoxíðinu við metanmyndun (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Í þriðja skrefinu eru ediksýrubakteríur notaðar til að brjóta niður própíón- og smjörsýrurnar ásamt alkóhóli og öðrum efnum. Með því ferli fæst vetni ediksýra og koltvíoxíð sem metanbakteríur nýta til metanmyndunnar. Fjórða og síðasta skrefið er gasmyndun en það er afar viðkvæmt fyrir umhverfisbreytingum vegna óþols metanbaktería á súrefni. Í þessu skrefi nota metanbakteríurnar vetni, ediksýru og koltvíoxíð til að mynda metangas og koltvíoxíð (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Metanbakteríur þurfa að hafa algjörlega súrefnissnauðar aðstæður og þess vegna hentar þeim afar vel að lifa samlífi með ediksýrubakteríum. Ediksýrubakteríurnar nota uppleyst súrefni við niðurbrot sitt og skapa þannig metanbakteríum kjöraðstæður. Aftur á móti þola ediksýrubakteríur ekki of háan styrk vetnis og geta ekki unnið undir þeim aðstæðum. Metanbakteríur nýta þetta vetni og skapa þannig ediksýrubakteríum kjöraðstæður (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Til að metangerjun geti átt sér stað og metanbakteríur myndi lífgas með efnaskiptum þurfa ákveðin skilyrði að vera til staðar. Lífræni massinn þarf yfirleitt að vera yfir 50% vatnsblandaður til að metanbakteríurnar geti starfað og fjölgað sér. Auk vatnsblöndunar þurfa metanbakteríur algjört myrkur til að geta starfað og birta getur stöðvað ferlið. Umhverfi bakteríanna á helst að vera hlutlaust eða aðeins basískt og þegar gerjunin hefur náð jafnvægi við loftfirrtar aðstæður er sýrustigið venjulega milli pH 7-8,5. Metanbakteríur þurfa loftfirrtar aðstæður en það súrefni sem kemur inn er nýtt af loftháðum bakteríum til að skapa kjöraðstæður fyrir

metanmyndandi bakteríur (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, Oregon department of energy. e.d.).

Hitastig er mikilvægt í metangerjun en nýttir eru þrír mismunandi stofnar metanbaktería, sjá töflu 10 sem notaðir eru eftir því á hvaða hitastigsbili gerjunin fer fram.

Tafla 10. Kjörhitastig metanbakteríustofna (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Bakteríustofn	Kjörhitastig
Kuldapolnar bakteríur	< 20 °C
Millihitapolnar bakteríur	> 25 °C - 38 °C <
Hitapolnar bakteríur	> 45 °C

Hitastig skiptir miklu máli þegar kemur að hraða niðurbrots en hraðinn eykst með hækkandi hitastigi. Myndun gass eykst með niðurbrotinu en einnig myndun koltvíoxíðs í gasinu á kostnað metans. Eftir því sem hitastigið er hærra í kerfinu þeim mun minni sveiflur þola bakteríurnar og hitapolnar bakteríur þola ekki dagsveiflur upp á meira en 1°C meðan millihitapolnar bakteríur þola 2-3°C. Fræðilega er hægt að brjóta niður allt lífrænt efni ef ekkert lignín er í kerfinu og það eina sem stendur eftir eru steinefni. Lignín er ómeltanlegt vegna sambands þess við frumuveggjarkolvetnin en saman eru þau kölluð tréni. Það er ekki hagkvæmt að brjóta niður allt lífrænt efni vegna þess hversu langan tíma það tekur og það er hægt að nýta afgang efnanna sem áburð. Hæfilegt niðurbrot telst vera á bilinu 40% -60% og er þá búið að ná úr hráefninu nægilegu gasi og afgangur hráefnisins er góður áburður. Í töflu 11 er viðmiðunartími fyrir niðurbrot kúamykju með metangerjun (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, Gunnar Guðmundsson, 2005).

Tafla 11. Viðverutími húsdýráburðar í meltara miðað við vinnsluhitastig (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Vinnsluhitastig	Viðverutími (dagar)
20-25°C	60
30-35°C	30
45-55°C	15

Bakteríur þurfa meira en lífrænan massa sem inniheldur að stærstum hluta kolefni og orku til að geta vaxið. Sölt og snefilefni eru mjög mikilvæg til að tryggja bakteríum það umhverfi sem þær þurfa til að starfa og vaxa eðlilega. Of mikið eða of lítið magn einhverra þessara efna getur haft hamlandi áhrif á virkni bakteríanna. Mykja hefur venjulega nægilegt magn þessara snefilefna en ef eitthvert ójafnvægi er í kerfinu verður að bæta efnunum í ferlið til að jafna hlutfall þeirra. Það er fleira sem getur haft hamlandi áhrif á metangerjun og eru það t.d. sótthreinsiefni, þungmálmur og sýklalyf. Nauðsynlegt er að fylgjast með því að það hráefni sem notað er í vinnsluna sé ekki með of hátt hlutfall þessara efna vegna þess að það getur hamlað metangerjuninni (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, Oregon department of energy. e.d.).

Niðurbrot getur tekið langan tíma ef hráefnið er of ríkt af stráum, grasi eða öðrum lífrænum úrgangi. Þessi grófu efni geta einnig skapað vandamál ef þau fljóta upp á yfirborðið. Þau geta myndað skán sem truflar ferlið þegar hún smám saman þykknar. Ef efni eru ekki uppleyst í vatni þurfa þau að hafa stórt yfirborð til að bæta aðgengi metanbaktería að þeim (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

5.3.2 Tæknilegar lausnir við metangerjun húsdýráburðar

5.3.2.1 Samfelld vinnsla

Samfelld vinnsla er algengasta tæknilega úrfærsla metangerjuna búfjáraburðar í heiminum í dag. Gerjunartankur við samfellda vinnslu er alltaf hafður fullur af hráefni. Einu sinni til tvisvar á dag er gösunarefni dælt á tankinn og á sama tíma er jafn miklu magni dælt úr tanknum. Jöfn skömmun er mikilvægur þáttur við vinnsluna og yfirleitt er bætt á lífgasstöðina einu sinni til tvisvar á dag. Huga þarf að mörgu við skömmun og blöndun hráefnis í kerfið og meðal annars er hitastig hráefnis við innsetningu mikilvægt og má það ekki vera of kalt. Ásamt því er mikilvægt að ekki komi of mikið af þurrefnum inn í kerfið á hverja rúmmálseiningu gerjunartanks. Við blöndun er mikilvægt að trufla ekki samlíf ediksýru- og metanbaktería og þess vegna er einungis hrært í nokkrum sinnum á dag. Þrátt fyrir það er blöndun nauðsynleg til að losa massann við gasið og til þess að koma af stað efnaskiptum milli baktería (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Kostir þessarar aðferðar eru góð nýting gerjunarrýmis og jöfn gasmyndun. Möguleikar eru á sjálfvirkni við áfyllingu og losun úr gerjunartankinum með tímastilli á dælu. Við þessa vinnsluaðferð er möguleiki á blöndun nýrrar mykju og á gerjuðum massa þegar dælt er úr gerjunartanknum og er því ekki hægt að tryggja gerileyðingu. Gösunarefnið fer í gegnum meltarann annaðhvort vélrænt eða með því að nýja hráefnið ýtir gamla hráefninu á undan sér. Í opnum geymsluþróum verður að sporna gegn niturtapi en það er yfirleitt gert með því að setja himnur á geymslutankana. Rýmið sem er undir himnunni er nýtt sem gasgeymir og ef geymslutíminn verður langur hefur allt að 20–40% af gasinu myndast án þess að geymslutankurinn sé hitaður eða hrært í honum (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, U.S department of energy, 2003).

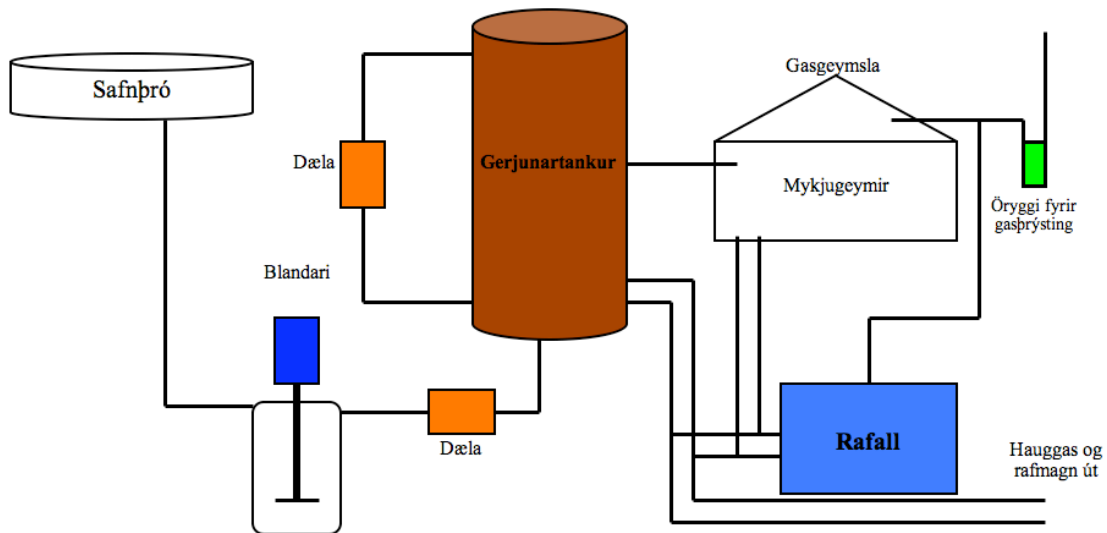
5.3.2.2 Lotuvinnsla

Við lotuvinnslu er öll mykjan sett saman í einn gerjunartank og látin gerjast þar þangað til áætluðum gerjunartíma er náð, sem er yfirleitt u.þ.b. mánuður. Á þessu 30 daga tímabili er gasmyndunin afar misjöfn og byrjar mjög rólega. Á miðju gösunartímabili er gasmyndunin í hámarki og fer síðan aftur minnkandi þar til í lok tímabilsins þegar tankurinn er tæmdur. U.þ.b. 10% af gösunarefninu skilið eftir til að flýta fyrir gerjun nýju gösunarefnanna og er það kölluð smitun. Einn af göllum þessarar tækni er sá að nauðsynlegt er að eiga jafnstóra safnþró og geymslutank sem eykur kostnað aðferðarinnar. Ein leið til að minnka kostnaðinn er að fjölga gerjunartönkum og er þannig hægt að ná betri nýtingu út úr safnþrónni með því að dreifa fyllingu tankanna yfir tímabil. Fleiri tankar jafna líka út þann mismun sem er í myndun lífgass í hverjum tanki fyrir sig sem er mikið vandamál ef aðeins einn tankur er í notkun. Öflug gerileyðing er góður kostur þessara aðferða en fyrir utan það þykir hún frekar óhagkvæm og er þess vegna aðallega notuð við tilraunir (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, U.S department of energy, 2003).

5.3.2.3 Búnaður til metangerjunar

Metangerjunarvinnsla með meltara eru byggð upp á sömu grunneiningunum. Til að byrja með þarf að hafa safnþró þar sem lífræni gösunarmassinn er geymdur fyrir gösun eins og sjá má á mynd 10. Yfirleitt er safnþró grafin niður og algengast er að hún sé byggð úr steypu. Nauðsynlegt er að hafa safnþró til að skammta gösunarefnin í gerjunartankinn. Venjulega er mykju dælt einu sinni til tvisvar á dag úr safnþrónni í gerjunartankinn en jafnframt er hún höfð nægilega stór til að

taka við eins til tveggja daga hráefnismagni. Safnþró hefur líka fleiri hlutverk því gösunarefnin blandast og smækka við dælingu inn og úr þrónni (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, Oregon department of energy. e.d.).



Mynd 10. Metangerjunarver fyrir búfjáraburð

Gerjunartankurinn er mikilvægasti hluti gösunarstöðvarinnar og hann er samsettur úr tanki, gashvelfingu, einangrun og klæðningu. Nokkrir möguleikar eru til staðar við uppsetningu á gerjunartanki en það sem alltaf þarf að passa er að hann sé fullkomlega þéttur. Það er annað hvort hægt að hafa tankinn neðanjarðar eða ofan en staðarhættir á uppsetningarstað skipta mestu í því vali (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, Oregon department of energy, e.d.).

Sem dæmi um metangerjunarver fyrir búfjáraburð má nefna ADUF (e. Anaerobic digestion with ultrafiltration reactor) meltarann. Vinnslan í þessum meltara er millihitakær votvinnsla og hann hefur bæði verið notaður við gerjun mykju og á lífrænu sorpi. Til að byrja með verður að bleyta mykjuna ef hún hefur ekki nægilega hátt hlutfall vatns. Efnið fer síðan í gegnum skilju þar sem stærri hlutir eru skildir frá áður en mykjan

fer í biðtank. Áður en hráefninu er dælt í meltarann er það hitað upp í varmaskipti. Úr meltaranum fer efnið í gegnum síu sem skilur niðurbrotin næringarefni frá. Efnin sem ekki hafa brotnað niður fara í gegnum varmaskipti áður en þau fara aftur í meltarann. Með því er hitastigi haldið hentugu ásamt því að þau færa með sér metangerjunarbakteríur og smita nýjan lífmassa (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

Við uppsetningu á gerjunartanki stendur val einnig á milli þess að láta tankinn standa upp á endann eða láta hann liggja. Standandi tankar hafa gott hlutfall rúmmáls og yfirborðs og þess vegna verður lítið varmatap. Einnig er sparnaður í því að lítið byggingarefni þarf í þá við uppsetningu og við einangrun. Liggjandi tankar hafa þá ókosti að þeir eru plássfrekir og hafa óhagstætt hlutfall rúmmáls og yfirborðs sem þýðir mikið varmatap. Kostir liggjandi tanka eru þeir að auðvelt er að koma fyrir öflugum en samt orkusparandi hrærum. Við blöndun er hrært þvert á flæðiátt á mismunandi stöðum til að allt gösunarefnið í tanknum blandist ekki. Með þessari tækni næst góð gerileyðing og nýting gösunarefnanna verður betri (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Þegar gösunarefnið lýkur ferð sinni gegnum gerjunartankinn þarf geymsluþró til að taka við og geyma gösunarefnin þar til þau eru borin á tún. Misjafnt er eftir aðstæðum hversu stór geymsluþróin þarf að vera en yfirleitt er höfð filma yfir henni til að varna köfnunarefnistapi og til söfnunar á því metani sem verður til í eftirgerjun (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Við gösun lífmassa þarf að hafa sérstaka gasgeymslu en það eru til þó nokkrar útfærslur á henni. Einfaldasta útgáfan af gasgeymslu er gassöfnunarbollur (e. covered lagoon digester) sem er hafður á hvolfi í gösunarefninu annaðhvort í geymslu- eða gerjunartanki. Þessi útgáfa hentar samt afar illa á kaldari svæðum vegna mikils varmataps og hefur einnig þann ókost að bollinn heldur illa gasi vegna lélegrar þéttingar. Algengt er að setja himnur yfir gerjunartanka. Þær henta vel þar sem algengt er notaðir séu gamlir tankar og þess vegna er ódýrt að nota himnur

til að þetta þá að ofan. Þær eru þeim kostum búnað að engin tæringarvandamál eru til staðar við notkun þeirra við gösun. Galli við bæði notkun á himnu og bolla við söfnun á gasi er að það verður að verja þau fyrir veðri og vindum. Bollinn getur frosið fastur meðan himnan getur skemmst í miklu roki. Gasþrýstingur er afar lágur við söfnun gass á þennan hátt en hann er þó nægur til rafmagnsframleiðslu. Ef nota á gasið í flest annað þá er nauðsynlegt að þetta það. Notkun á stáltönkum við söfnun á gasi er líka til staðar en það hefur yfirleitt komið til vegna plássleysis fyrir himnutanka. Stáltankur hefur þann kost að gasið er geymt undir þrýstingi í honum. Fyrir utan grunneiningar metangerjunarvinnslunnar þarf að fjárfesta í ýmsum aukabúnaði sem er nauðsynlegur til gashreinsunar, hitastigsmælinga, eftirlits, og flutnings hráefnis (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, Oregon department of energy. e.d.).

5.3.3 Tæknilegar lausnir á metangerjun lífræns úrgangs

Forvinnsla lífræns úrgangs er mikilvæg áður en hann er leiddur í gengum gassöfnunarferli. Sérstaklega mikilvægt er að hreinsa óæskileg efni svo sem málma og plastefni úr efninu áður en það er unnið í meltara. Eftir það er nauðsynlegt að tæta það niður í smærri einingar og yfirleitt er talað um að 10-20 mm þvermál sé hentug stærð. Það er gert til að bæta aðgang metanbaktería að hráefninu með því að auka yfirborð gösunarefnanna (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000, U.S department of energy, 2003).

Til eru nokkuð margar aðferðir við söfnun lífgass úr lífrænum úrgangi með meltun en í grunninn fara þær allar fram við loftfirrtar aðstæður. Þessum aðferðum er skipt upp í tvær megin aðferðir. Annars vegar vinnsla með melturum og hins vegar allt annað. Meltarar eru tæknilega mismunandi en einnig er munur á þeim eftir þurrefnisinnihaldi

lífræna úrgangsins og vinnsluhitastigi. Talað er um þurrar aðferðir sem eru yfir 25% þurrefni, hálfþurrar sem eru um 15-20% þurrefni og votar aðferðir sem eru 15% þurrefni. Metanbakteríur þrífast best ef umhverfishitastig þeirra er yfir 36,7°C. Hitakær vinnsla sem er á bilinu 50-60°C gerist næstum því helmingi hraðar en millihitakær vinnsla sem er á bilinu 30-40°C. Hún hefur einnig þann kost að full gerileyða vinnsluefnið og afgangsefnið verður því laust við sjúkdómsvaldandi bakteríur. Margar mismunandi tegundir eru til af melturum óháð vinnsluhitastigi. Þetta eru mismunandi tæknilegar útsetningar sem tengjast saman eftir því hvað hentar best við hverjar aðstæður, sjá töflu 12 (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000, U.S department of energy, 2003).

Tafla 12. Mismunandi tækni við metangerjun (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

Eins þreps vinnsla	Gerjun fer öll fram í sama geymi í einu þrepi
Fjölpæpa vinnsla	Gerjun fer fram í einum geymi en á undan hefur hráefnið farið í gegnum einn eða fleiri forvinnslugeyma
Einfasa meltun	Gerjun fer fram í sama fasanum
Tvífasa meltun	Vatnsfasi hráefnisins er skilin frá fastaefninu. Vatnsfasinn er síðan gerjaður til gasmyndunar
Samfelld vinnsla	Stöðugt er bætt hráefni í meltarann og á meðan fullgerjað efni tekið úr
Tröppuvinnsla	Allt hráefnið er gerjað saman og ekki er bætt í fyrr en allt hráefnið er fullgerjað og tankurinn er tæmdur
Blöndunarvinnsla	Á eingöngu við um votvinnslu. Blöndun hráefnis fer fram á vélrænan hátt í meltaranum
Tappavinnsla	Á eingöngu við um þurrvinnslu. Ekki er hægt að blanda efninu saman á vélrænan hátt og þess vegna fer efnið í gegnum vinnsluna á mikillar blöndunar við afganginn af hráefninu.

Söfnun lífgass með meltun þarfnast upphitunar en yfirleitt er orkan sem þarf ekki meiri en sem nemur 10% af því lífgasi sem myndast í ferlinu. Ef lífræni úrgangurinn þarfnast eftirmeðferðar, sem er ekki í öllum tilfellum, krefst það ferli ásamt upphitun yfirleitt um 25% af framleiddri orku. Vinnslutími lífræns úrgangs með meltara getur verið á bilinu 10

dagar upp í 3 vikur allt eftir því hvernig aðferðir eru notaðar. Votar aðferðir taka yfirleitt styttri tíma en þurrar (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000, U.S department of energy, 2003).

Metangerjun í meltara má útfæra á fjölda vegu en erfitt er að segja til um hver þeirra hentar best fyrir Eyjafjarðarsvæðið. Nokkrar tæknilegar útfærslur koma til greina en almennt hafa þær sömu virkni. Ein algeng tegund meltara er þurr, eins þreps, samfelld og hitakær. Fyrir rúm 20.000 tonn af lífrænu efni þyrfti fjóra 350 m³ meltara af þessari tegund en þeim er haldið heitum með bruna lífgass. Þetta er eins þreps kerfi þannig að sama efnið er í tanknum þar til gösun þykir fullnægandi. Hráefnið sem fer í tankinn er blandað vatni úr fyrri meltun þar til vatnshlutfall í meltaranum er orðið 30-35% Það er gert til að flýta fyrir gerjuninni með flutningi hentugra metanbaktería í hráefnið og til að bleyta efnið. Gerjun í meltara tekur 15-20 daga en þá er hráefnið tekið úr tanknum og nýtt sett í staðinn (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

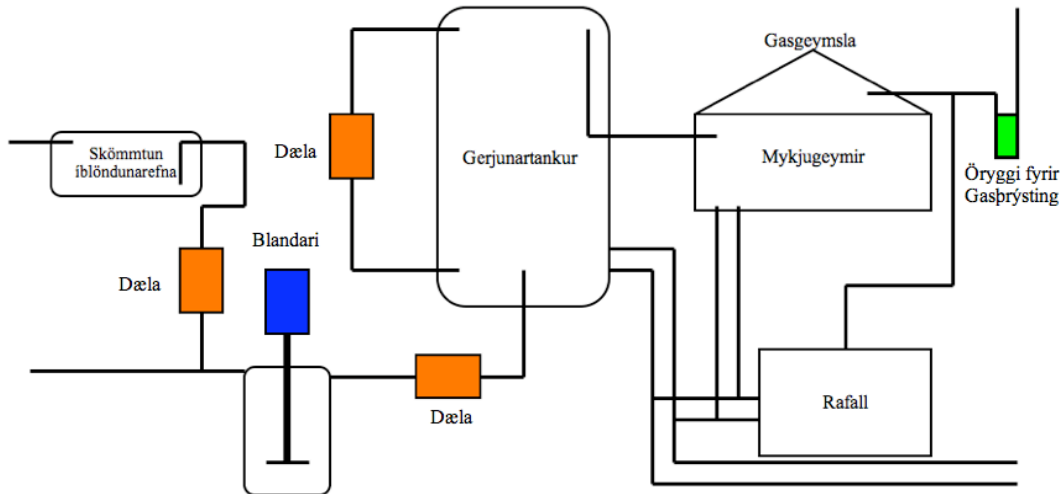
Önnur útfærsla af svipuðum meltara er hálfþurr, eins þreps, samfelld, hitakær og einfasa. Þessi tegund meltara hefur eingöngu einn tank. Hráefnið fer efst í tankinn eftir að hafa farið í gegnum flæðidælu þar sem það er hitað upp og smitað með vatni úr gerjunartanknum. Hráefnið fer í gegnum tankinn með hjálp þyngdarlögmálsins og er fjarlægt úr botninum með snigli. Fyrir 20.000 tonn af lífrænum úrgangi á ári þarf 1.460 m³ gerjunartank og viðverutími hráefnis er 15-30 dagar (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

Við báðar þessar aðferðir þarfnast hráefnið ákveðinnar loftaðrar eftirmeðferðar til moltugerðar en hún tekur 10-14 daga.

5.4 Tæknilegar lausnir við samgerjun

Samgerjunarver virkar á sama hátt og venjulegt metangerjunarver. Munurinn liggur í blöndun við upphaf ferlisins og aðskildum

geymslutönkum. Forvinnsla lífræns sorps er nauðsynleg við samgerjun með búfjáraburði. Mestu máli skiptir að brjóta lífræn efni niður í smáar einingar til að auka yfirborð þess og bæta þannig aðgang metanbaktería að efninu.



Mynd 11. Yfirlitsmynd af lífgasstöð með samgerjun

Eins og sjá má á mynd 11 þá er gasinu safnað í gerjunartankinum, því er dælt yfir í mykjugeyminn og þaðan fer það upp í gasgeyminn. Hráefnið fer úr gerjunartanknum yfir í mykjugeyminn en þá er ennþá að myndast lífgas í því og lífgasið sameinast því sem dælt var úr gerjunartanknum. Lífgasinu er síðan annaðhvort dælt í rafalinn til rafmagnsframleiðslu eða dælt í hreinsistöð til metanvinnslu (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson).

5.5 Gösun lífmassa með urðun

Miðað við gösun lífmassa og metangerjun er söfnun hauggas úr urðuðu sorpi frekar einföld leið til öflunar lífgass. Söfnunin fer þannig fram að lífrænu- og ólífrænusorpi er þjappað í bagga til að lágmarka umfang þess. Því er síðan staflað upp í breiðar rennur eins og sjá má á mynd 12.

Rennurnar eru þéttar bæði að ofan og í hliðum með jarðvegi til að koma í veg fyrir aðgang súrefnis að sorpinu



Mynd 12. Böggðu sorpi hlaðið í urðunarrein á Álfsnesi (Metan hf. 2007c).

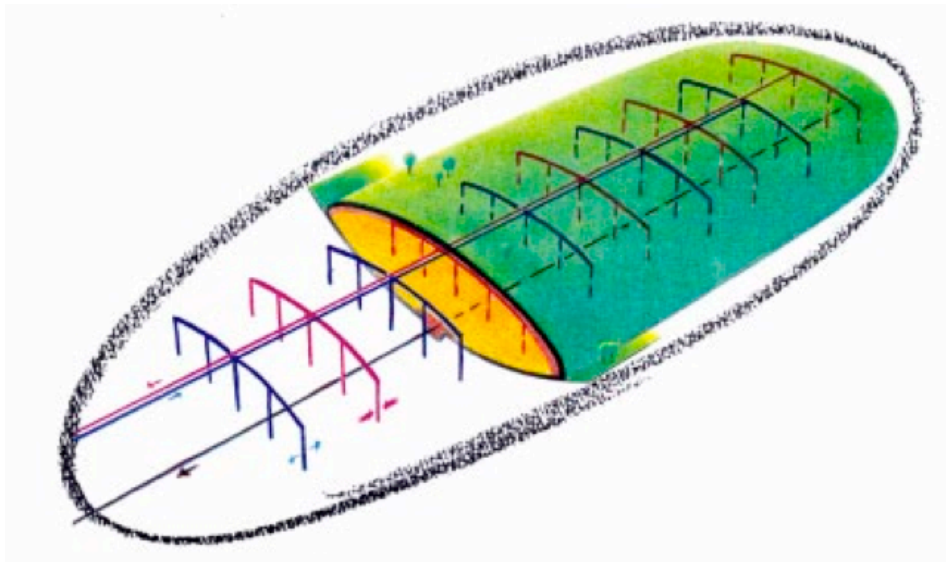
Lífgas myndast við loftfirrtar aðstæður, þess vegna er þétting sorpsins mjög mikilvæg. Þegar búið er að koma ruslinu á sinn stað og rennan er þétt eru boraðar holur með reglulegu millibili þar sem lífgas streymir upp. Hauggas er yfirleitt um helmingur metan og hauggasið sem myndast á Álfsnesi er 50-60% metan (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006). Lög nr. 55/ 2003 og reglugerð nr. 737/2003 um meðhöndlun úrgangs miða meðal annars að því að magn urðaðs sorps árið 2009 sé undir 75% af sorpmagni sem var urðað árið 1995. Árið 2013 skal það vera komið undir 50% og árið 2020 undir 35%. Það er ljóst að söfnun lífgass með hauggassöfnun verður líklega ekki möguleg í framtíðinni á Íslandi.

5.6 Gösun lífmassa í orkuhleifum

Nýlega hefur verið þróuð aðferð við söfnun lífgass úr lífrænum úrgangi sem er kölluð orkuhleifur. Þessi aðferð byggir á geymslu lífræns úrgangs yfir nokkurra ára tímabil í loftfirrtu umhverfi. Lífræna úrganginum er

safnað saman í hleif sem er þéttur með plasthimnu (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

Orkuhleifur er frekar einföld leið til söfnunar hauggass úr lífrænu sorpi. Í raun fer söfnun hauggass úr orkuhleif eins fram og söfnun úr urðuðu sorpi. Munurinn á þessu tvennu er þó mikill þar sem orkuhleifur er eingöngu fylltur með lífrænum efnum og er alveg einangraður. Hita- og rakastigi er stjórnað með lögnum sem liggja um hleifinn en hitakær skilyrði þykja henta best við þessa tegund af vinnslu eða um 55°C. Sigvatn frá honum er fjarlæggt og því dælt inn í hleifinn aftur. Eftir að hráefnið í honum er fullmelt er það loftað og molta hefur myndast. Stærð hleifa fer eftir árlegu magni lífræns úrgangs en þegar fullri vinnslu er náð eftir 3 ár þarf 7 hleifa. Sem sagt einn hleif til að fylla á meðan er verið að hreinsa úr öðrum (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).



Mynd 13. Yfirlitsmynd af orkuhleif (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

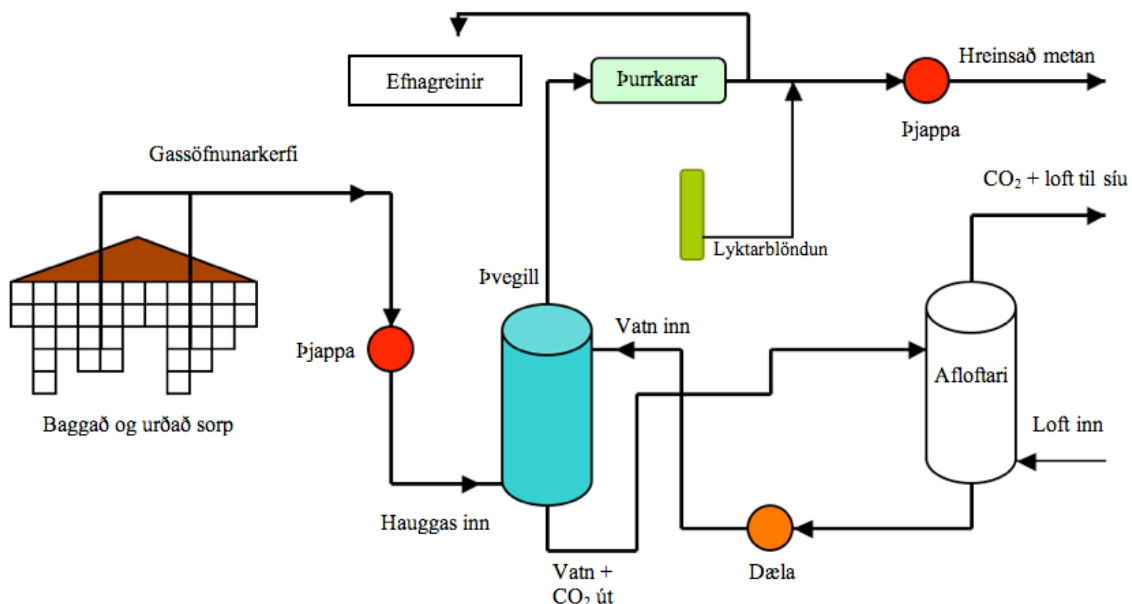
Fyrir 20.000 tonn af lífrænum úrgangi árlega þarf flatarmál hvers hleifs að vera rúmlega 2000 m² og þykkt þeirra verður um 8 m. Eftirvinnsla hráefnis úr orkuhleif fer þannig fram að lofti er blásið í hleifinn til þurrkunar. Gassöfnunarlagnirnar sem sjá má á mynd 13 hafa

Þess vegna tvíþætta notkun því þær eru notaðar til þurrkunar auk gassöfnunar (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

Þessi aðferð við gösun lífræns úrgangs hefur sætt gagnrýni þar sem hún þykir ekki standast kröfur um bestu fánlegu tækni 3. gr. reglugerðar 728/2003 um urðun úrgangs (Björn H. Halldórsson, 2007. Munnleg heimild. 18. apríl 2007).

5.7 Hreinsun lífgass

Hreinsun lífgass gefur af sér eldsneyti sem hægt er að nota við fjölda véla svo sem sprengihreyfilsvélar, gastúrbínur og efnarafala. Við gösun lífmassa myndast lífgas ríkt af koltvíoxíði (CO_2) og vetni (H_2) ásamt óæskilegum efnum. Lífgas er að meðaltali 45-85% metan þegar það kemur frá uppsprettu sinni og til að það sé nothæft verður að hækka það hlutfall upp í 95-98% (Plombin, 2003, Babu, 2005).



Mynd 14. Flæðirit af söfnun- og hreinsun hauggas (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

Mynd 14 sýnir leið lífgass í gegnum hreinsikerfi á einfaldan hátt. Sýnd er uppbygging gashreinsunarkerfis fyrir lífgas þar sem gasið fer í gegnum nokkur misjöfn ferli til að losa CO₂ og H₂S ásamt því að auka þrýstinginn á gasinu áður en það fer inn í þvegilinn. Þvegillinn hreinsar hauggasið en vatnið sem notað er við hreinsunina er í lokaðri hringrás. Vatnið leysir upp CO₂ og H₂S og því er síðan dælt úr kerfinu þangað sem gasinu er náð úr því í tveimur skrefum. Fyrst er þeim hluta gassins, sem er auðveldara að ná úr vatninu og er ríkur af metani, dælt saman við óunna lífgasið og það fer aftur í vatnsturninn til hreinsunar. Þegar vatnið er mettað af koltvíoxíði fer það úr þveglinum yfir afloftarann. Þar er lofti dælt inn og koltvíoxíðið skilst frá vatninu og fer út en vatninu er dælt aftur yfir í þvegilinn. Metanið fer úr þveglinum í þurrkarann þar sem allur raki er fjarlægður. Eftir það er lyktarefni blandað við metanið af öryggisástæðum. Þrýstingur á gasinu er hækkaður upp í 250 bör og þá er metangasið tilbúið til ádælingar á bifreiðar (Plombin, 2003).

Eins og staðan er í dag fer þó minnsti hluti hauggassins sem safnað er á Álfsnesi í gegnum hreinsiferlið sem sést á mynd 14. Það fer þess í stað gegnum þrýstihækkun á forþjöppunni fyrir hreinsikerfið og er nýtt beint til rafmagnsframleiðslu (Björn H. Halldórsson, o.fl., 2006).

6 Söfnun lífgass á Eyjafjarðarsvæðinu

6.1 Söfnun lífgass úr búfjáraburði

6.1.1 Gæði búfjáraburðar

Gæði búfjáraburðar skipta miklu máli þegar á að nýta hann til gösunar. Þurrefnainnihald er mikilvægur þáttur við gösun og æskilegast að það sé á bilinu 5%-15%. Gerjun virkar ef hlutfallið fer undir 5% en ferlið verður óhagkvæmt vegna mikil vatnsmagns. Ef hlutfallið fer hins vegar fer yfir 15% verður erfitt að dæla og blanda mykjunni. Búfjáraburðurinn er misjafn eftir því frá hvaða húsdýrum hann kemur og sá búfjáraburður sem mest hefur verið notaður kemur frá svínum, kúm og hænsnum. Svínamykja er rík af fitu eins og sjá má í töflu 13 en það er mjög gott þar sem fita er orkurík og gefur því mikið gas á þurrefnismagn mykju. Ókostur svínamykju er sá að rakastig hennar er hátt og dregur það úr heildarorkugildi hennar (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, Þóroddur Sveinsson, munnleg heimild, 28 febrúar 2007).

Tafla 13. Samanburður efnainnihalds í mykju eftir mismunandi búfé (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

	Nautgripir	Svín	Hænsni (200 stk)
Þurrefni (%)	7-17	2,5-13	20-34
Lífræn þurrefni (% af þurrefni)	44-86	52-84	70-80
Kg LþE á skepnu á dag	3,0-5,4	0,8-1,3	5,5-10
PH	6,2-8,0	6,5-7,6	7-8
Fita (% af þurrefni)	2-5	9	2
Prótín (% af þurrefni)	10-18	24	26
Kolvetni (% af þurrefni)	20-43	32	27
N (g/l)	3,3-9,9	3,9-8,0	17
Gasmagn (l/kg af þurrefni)	176-520	220-637	327-722
Gasmyndun (m³/skepnu/dag)	0,56-1,5	0,2-0,4	3,5-4,0
Meðalgasmyndun (m³/skepnu/dag)	1,11	0,3	3,75

Hænsnaskítur er mun þurrari en svínamykja og þarf að bæta vatni í hann. Lítið er af fitu í kúamykju og gasmyndun úr kúamykju er lítil miðað við þurrefnismagn. Mikið magn þurrefna í kúamykju og hænsaskít vinnur upp lágt fituinnihald og gerir mykjuna orkuríka. Blöndun mykjutegunda er jákvæð fyrir ferlið en með því má jafna út ókosti þeirra (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Tafla 14. Efnainnihald Ný-Sjálensks sauðataðs (Judd, o.fl., 1999).

	% af þurrefnisinnihaldi
Trefjar (Cellulose, lignin o.fl.)	33
Prótín	31
Steinefni	10,4
Kolvetni	9,7
Fita	4,2
Ekki vitað	11,7

Úrgangur frá sauðfé hefur lítið verið skoðaður hér á landi og ekki eru til efnagreiningar á íslensku sauðataði. Sauðatað Ný-Sjálenskra kinda hefur verið efnagreint en ekki er hægt fullyrða að sömu niðurstöður gildi fyrir íslenskt sauðfé. Í töflu 14 eru sýndar helstu efnagreiningar á sauðataði. Sauðatað inniheldur um 30% þurrefni og þarfnast þess vegna blöndunar til að lækka það hlutfall. Gasmyndun 45-60 kg þungrar kindar eru 0,034 m³ á dag (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, Judd, o.fl., 1999).

6.1.2 Aukaverkanir metangerjunar á Búfjáraburð

Metangerjun eykur gæði búfjáraburðar sem áburð á tún og akra. Meltunin gerir búfjáraburðinn samleitari og eykur flæðieiginleika hans. Ástæðan fyrir því er sú að slím- og þurrefni brotna niður í ferlinu og við það er

auðveldara að dæla, hræra og dreifa búfjáraburðinum. Einnig gengur hann dýpra og hraðar ofan í jarðveginn og þess vegna verður minna köfnunarefnistap úr honum með uppgufun ammóníaks. Minni uppgufun ammóníaks dregur úr lyktarmengun vegna dreifingar búfjáraburðar á tún auk þess að hluti annarra lyktarmengandi efna brotna niður við meltunina. Á svæðum þar sem búfjáraburði er dreift nærri byggð þykir mikill kostur að geta dregið úr lyktarmengun. Nauðsynlegt er að rannsaka meltan búfjáraburð ef einhver grunur leikur á að skordýraeitur hafi leynst í gösunarefnum. Hlutstyrkur þess hækkar við meltun og það getur farið upp í óæskilegt magn (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998, U.S department of energy, 2003).

Meltun brýtur niður slímefni og lífrænar, ætandi sýrur sem veldur því að plöntur eru mun þórnari gagnvart gerjaðari mykju. Eftir meltun er stærsti hluti köfnunarefnisins í formi ammóníaks en ekki nítrats en nítrat veldur frekar visnun hjá plöntum en ammóníak (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Venjulega þegar búfjáraburður er geymdur í opnu haughúsi verður 20-40% köfnunarefnistap vegna uppgufunar ammóníaks og útskolunar nítrats. Köfnunarefnið sem tapast við venjulegar aðstæður heldur sér í formi ammóníums (NH_4^+) í mykjunni. Upptaka plantna á köfnunarefni er svipuð hvort sem er úr ammóníum (NH_4^+) eða nítrati (NO_3^-) en mest af köfnunarefni í áburði er bundið í nítrati. Kosturinn við að hafa köfnunarefnið á formi ammóníums er sá að það binst þá fremur í leir og helst þannig lengur í jarðveginum. Nítrat er hins vegar auðleysanlegt í vatni og getur skolast fljótlega úr jarðvegi við réttar aðstæður en þannig kemur notkun köfnunarefnis á formi ammóníums í stað nítrats í veg fyrir mengun grunnvatns. Þegar mykjan inniheldur meira köfnunarefni geta bændur sparað sér áburðarkaup að hluta þar sem áburður á tún er að mestu leyti köfnunarefni. Einnig haldast kalsíum og kalí, sem eru mikilvæg aukaefni í áburði, sér betur í búfjáraburðinum eftir meltunina (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Metangerjun mykju getur haft hamlandi áhrif á frjósemi illgresisfræja en það er háð hitastigi og viðverutíma í kerfinu. Ef hitastig er yfir 30°C er frjósemin farin að minnka til muna og ef hitastig er yfir 55°C í kerfinu þá tapar illgresi allri frjósemi sinni. Um leið og hitastig er komið yfir 30°C fer jafnframt magn sýkla í búfjáraðurðinum að minnka til muna en það er misjafnt er hvort nauðsynlegt þykir að eyða þeim (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998)

6.1.3 Gösun búfjáraðurðar með metangerjun

Eyjafjarðarsvæðið er eitt öflugasta landbúnaðarsvæði landsins og eru möguleikar metanframleiðslu þó nokkrir á svæðinu. Ef skoðað er gasmagn frá búfé á svæðinu, miðað við meðaltalsgasmyndun hjá hverri tegund má sjá að möguleg gasmyndun er tæplega 5,5 milljón Nm³ á ári. Eins og sést í í töflu 15 er hlutur nautgriparæktarinnar stærstur eða rétt tæplega 5 milljón Nm³ af lífgasi. Ef gert er ráð fyrir 60% metani í lífgasinu er orkuinnihald þess 6 kWh/m³ og þá samsvarar möguleg gasmyndun svæðisins 34,8 GWh af hráorku á ári.

Tafla 15. Gasmyndun frá búfé á Eyjafjarðarsvæðinu.

	Fjöldi (stk)	Gasmyndun (m ³ /skepna/dag)	Dagleg gasmyndun (m ³ /dag)	Húsmánuðir (mán)	Árleg gasmyndun (Nm ³)
Nautgripir	17.100	1,110	18.981	8,5	4.916.079
Svín	2.400	0,300	720	12	262.800
Kindur	8.400	0,034	286	7	60.832
Hross	3.200	0,420	1.344	2	81.984
Hænsn	11.586	0,019	220	12	80.349
				Samtals (Nm³)	5.402.043



Mynd 15. Mjólkurbúið Efstihóll í Eyjafjarðarsveit.

Metanvinnsla einstakra býla úr eigin búfjáraburði er, eins og staðan er í dag, lítt gróðavænleg. Búskapur á Íslandi er í frekar litlum einingum miðað við það sem gerist erlendis eins og sjá má á mynd 15 og 16. Hár kostnaður við byggingu lítilla metanvinnslueininga ásamt lágu orkusöluverði á Íslandi hefur hingað til haldið bændum frá byggingu slíkra eininga til rafmagnsframleiðslu.



Mynd 16. Mjólkurbú í Kanada (The farm team, 2007).

Hagkvæmasta leiðin við nýtingu lífgass hér á landi, er hreinsun metans úr því og notkun á bifreiðar eða í iðnaði. Það kallar á mun meiri kostnað en ef lífgasið er notað beint við orkuframleiðslu. Nauðsynlegt yrði að byggja hreinsistöð og geymsluaðstöðu með metansöfnunarverinu. Til að ná fram stærðarhagkvæmni yrði því líklega best að hafa sameiginlegt metanvinnsluver fyrir allt svæðið.

Ókostirnir við miðlæga metanvinnslu er flutningur hráefnis til þess og frá. Líklega yrði að leysa það með tankbílum því byggð á Eyjafjarðarsvæðinu er frekar dreifð. Einnig væri sá möguleiki fyrir hendi að ekki yrði sótt mykja frá býlum sem eru í meiri fjarlægð en svo að svari kostnaði. Mögulega myndu tankbílnir ganga fyrir eldsneyti framleiddu á staðnum en það myndi lækka kostnað við rekstur þeirra til muna.

Tvær tæknilegar grunnlausnir eru á uppsetningu metangerjunarvers en það er annars vegar með samfelldri vinnslu og hins vegar lotuvinnslu. Samfelld vinnsla er mun algengari á heimsvísu og hún er ódýrari í uppsetningu en lotuvinnsla. Metagerjunarver með lotuvinnslu hefur þann kost fram yfir ver með samfellda vinnslu, að sótthreinsun gösunarefna er betri (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Lítill ástæða er til sótthreinsunar nema notað sé sauðatað frá nokkrum búfjárverndarsvæðum. Búfjárverndarsvæðin eru til að koma í veg fyrir útbreiðslu sjúkdóma sem borist geta í sauðfé og þá helst riðusmit. Þurrefnismagn sauðataðs af heildar þurrefnismagni mykju á Eyjafjarðarsvæðinu er aðeins 5,6% og gasmyndunin er aðeins um 1,2% af heildar gassöfnunarmöguleikunum (Þóroddur Sveinsson, munnleg heimild, 28. febrúar 2007, Búnaðarsamband Eyjafjarðar., o.fl., 2006).

Einfaldasta lausnin er því að nota ekki sauðatað til gösunar ef sótthreinsun búfjáraburðarins þykir ekki fullnægjandi við samfelldavinnslu.

6.1.4 Hagkvæmni á Eyjafjarðarsvæðinu

Söfnun lífgass úr búfjáraburði í heiminum fer nær eingöngu fram með meltun. Hægt er að gasa búfjáraburðinn með hitun en hagkvæmnin við það er lítil. Í fyrsta lagi þá fer stór hluti lífgassins sem safnað er í hitunina og hins vegar er búfjáraburðurinn ekki góður til áburðar eftir gösun með hitun.

Erfitt er að segja til um hver sé stofnkostnaður við uppsetningu metangerjunarvers á Íslandi. Í fyrsta lagi hefur aldrei verið byggt metangerjunarver á Íslandi sem þýðir að ófyrirséð vandamál geta skapast. Kostnaðurinn er háður mörgum breytum svo sem efnisvali, vinnutilhögun, stærð o.fl. Hluti kostnaðar er hönnun en það getur skipt miklu hvort verið er hanna frá grunni eða hvort hönnun sé samkvæmt erlendri fyrirmynd. Hugsanlega má spara fjármagn ef möguleiki er á nýtingu eldri hluta í metangerjunarverinu. Á heimsmælikvarða stendur Þýskaland framarlega í meltun búfjáraburðar. Árið 1998 var kostnaður þar við uppsetningu á metangerjunarveri fyrir einstakt býli á bilinu 30.000-130.000 kr á hverja skepnueiningu miðað við býli með 50 skepnueiningar. Skepnueining miðast við eina kú eða þrjú svín. Hver skepnueining er því sem nemur 70 kg af mykju á dag. Kostnaðurinn lækkar hratt með stækkandi búum og kostnaðurinn fyrir 250 skepnueiningabú er 40.000-70.000 kr á hverja skepnueiningu. Innifalið í þessum kostnaði er ekki hreinsistöð og önnur aðstaða tengd því (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Erlendis er lífgas yfirleitt nýtt til rafmagns- og hitaframleiðslu þar sem einn eða fleiri bændur í nábýli við hvern við annan byggja saman metangerjunarver. Í þeim tilfellum er flutningur mykju frá haughúsi að metangerjunarverinu mjög stuttur ef það er ekki byggt beint við haughúsið. Íslenskar aðstæður bjóða upp á takmarkaða möguleika fyrir einstaka býli að hefja eigin lífgassöfnun. Það kemur aðallega til af lágu

orkuverði hér á landi. Ódýrir endurnýjanlegir orkugjafar í raforkusölu á landinu skapa erfiðar aðstæður og hagnaður bænda við söfnun lífgass er lítill. Besti kosturinn til nýtingar lífgass er því hreinsun þess og nýting metans á bifreiðar eða í iðnaði. Til þess þarf að byggja hreinsistöð auk háþrýstigeymslutanka o.fl. sem verður væntanlega seint eða aldrei hagkvæmt fyrir einstök býli. Miðlæg metansöfnun þar sem búfjáraburði er safnað frá mörgum bæjum er því líklega eini raunhæfi möguleikinn. Á þann hátt er hægt að ná upp stærðarhagkvæmni þó fjöldi vandamála séu því tengd. Býli á Íslandi eru yfirleitt frekar lítil og langt á milli þeirra sem gerir flutning til og frá metangerjunarverinu dýran. Mjög erfitt er að segja til um hver kostnaður er við uppsetningu miðlægs metangerjunarvers með hreinsistöð, gaslögn til áfyllingarstöðvar og annarra nauðsynlegra íhluta hér á landi. Ljóst er þó að meltarar kosta ekki undir 500 milljónum og hreinsistöð og gaslögn hækka þann kostnað töluvert (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

Ef farið er út í svona stóra framkvæmd í Eyjafjarðarsvæðinu er nauðsynlegt að skoða þann möguleika að nýta lífrænt sorp sem fellur til í samgerjun með búfjáraburðinum. Hugsanlega væri hægt að fá greitt fyrir móttöku á lífrænum úrgangi frá iðnaði og auka um leið auka orkuinnihald búfjáraburðarins.

6.2 Söfnun lífgass úr lífrænu sorpi

6.2.1 Gösun lífræns sorps með hitun

Mikilvægt er fyrir ólík gösunarkerfi að hafa gösunarefni sem henta hverju kerfi fyrir sig. Hreinn, hentugur lífmassi til gösunar með hitun er ekki ávallt til staðar og ekki hægt að treysta á að framboð hans sé það sama frá

ári til árs. Dæmi um það er notkun afgangsheys sem væri tilvalið til gösunar með hita. Ekki er hægt að treysta því að hentugustu gösunarefnin séu til staðar þar sem þau eru jafnvel notuð við landbúnað eða í iðnaði. Þess vegna hafa menn þurft að líta til annarra gösunarefna en þeirra sem henta best. Á Eyjafjarðarsvæðinu er líklega ekki nægilega mikið magn lífræns úrgangs sem ekki hentar til meltunnar til að hagkvæmt sé að setja upp gasara með hitun. Það er hægt að gasa allt lífrænt efni sem fellur til á svæðinu með hitun en ferlið er mjög orkufrekt og stór hluti lífgassins fer í gösunina sjálfa.

6.2.2 Hagkvæmni á Eyjafjarðarsvæðinu

Á hverju ári falla til um rúmlega 21.000 tonn af lífrænu sorpi á Eyjafjarðarsvæðinu. Tvær meginleiðir henta líklega best til söfnunar lífgass úr lífræna sorpinu en það er annars vegar metangerjun efnisins í meltara og hins vegar með orkuhleifum.

Möguleikar á nýtingu lífræns sorps til metanframleiðslu eru þó nokkrir á Eyjafjarðarsvæðinu. Til að byrja með þyrfti þó að fjárfesta í búnaði til flokkunar lífræns sorps frá öðrum úrgangi auk þess sem búnað þyrfti til mólunar hráefnisins. Kostnaðurinn við kaup slíks búnaðar var ekki athugaður en ljóst er að hann yrði töluverður.

Kostnaður við uppsetningu metangerjunarvers þar sem er þurr, eins þreps samfelld vinnsla og gösuð eru 15.000 tonn árlega í þremur 350 m³ melturum kostaði árið 2000 um 700 milljónir. Ef gert er ráð fyrir vinnslu á þeim 20.000 tonnum sem falla til á Eyjafjarðarsvæðinu þyrfti 4 meltara og myndi stofnkostnaður líklega hækka um 100-200 milljónir (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

Hálfþurr, eins þreps, samfelld, hitakær og einfasa vinnsla með einum 1.460 m³ meltara kostaði rúmlega 800 milljónir árið 2000 miðað við vinnslu á 20.000 tonnum á ári af lífrænu sorpi. Rekstrarkostnaðurinn

við hana er þó töluvert hærrí en við hina útfærsluna en hann var metinn á tæplega 100 milljónir á ári á móti rúmlega 50 milljónum (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

Orkuhleifur er mun ódýrari en metangerjunarver í uppsetningu. Stofnkostnaðurinn dreifist yfir þriggja ára tímabil en hann er í heildina um 200 milljónir. Rekstrarkostnaður þegar full vinnsla er hafin er um 50 milljónir á ári en þessar tölur eru frá árinu 2000 og mögulega gæti kostnaður verið eitthvað hærrí (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

Erfitt er að segja nákvæmlega til um magn lífgass sem myndast við þessar vinnsluaðferðir útfrá hráefninu. Þær tölur sem notaðar eru miðast við lífrænt heimilissorp en það lífræna sorp sem er stendur til að safna og gasa er blanda af iðnaðar- og heimilissorpi. Samkvæmt þeim tölum myndast 670 kWh/tonn við metangerjun en áætlað er að bæði metangerjunarverin skili af sér svipuðu lífgasmagni. Orkuhleifur nýtir lífræna sorpið betur en u.þ.b. 1100 kWh/tonn myndast við þá vinnslu (Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson, 2000).

Í einum Nm³ af lífgasi eru sem nemur 5,8 kWh af hráorku ef metan innihald þess er á milli 50-60%. Miðað við 21.463 tonn af lífrænum sorpi árlega fást því 2.479.341 Nm³ af lífgasi með metangerjun í meltara. Hins vegar fást 4.070.568 Nm³ við lífgassöfnun með orkuhleifum. Hluti af gassins fer í metangerjunarverið sjálfv við upphitun gösunarefnanna við meltun og í rafmagnsframleiðslu.

6.3 Söfnun lífgass úr skólpi

6.3.1 Almennt um skolp

Lífgasvinnsla úr skólpi er frekar stutt á veg kominn í dag. Í flestum tilfellum er notast við venjulegar hreinsistöðvar þar sem þurrefnunum er

safnað. Misjafnt er milli landa hvað gert er við þurrefnin en á milli 0%-80% af þeim eru notuð í landbúnaði. Afgangurinn er ýmist brenndur eða urðaður (Kopf-Zukunftstechnologie, e.d.).

Tafla 16. Magn mengunarefna í þurrefni venjulegs skólps (Kopf-Zukunftstechnologie, e.d.).

Mengunarvaldandi efni í skólpi	
Efni	magn
P ₂ O ₅ (%)	6-7
K ₂ O (%)	0,8-12
Lyf (mg/kg)	0-1
Polybromíð og diphenylether (mg/kg)	0,1-0,5
Polychlorinated dioxíð/fúrön (ng/kg)	6-1500
AOX (mg/kg)	100-300
Brennisteinn (%)	0,5-1,3
Klór (mg/kg)	500-3000
Blý (mg/kg)	60-180
Kvikasilfur (mg/kg)	0,1-7,5
Kadmíum (mg/kg)	1-3

Helstu vandamálín við skólþ og nýtingu þess, sérstaklega í landbúnaði, eru fjöldi sjúkdóms- og eitrunarvaldandi efna sem í því eru eins og sjá má í töflu 16. Fyrir utan venjulega sýkla eins og ormaegg, bakteríur, vírusa og prótínsýkla er þar að finna hormón, þungmálma og þrávirk lífræn efni. Við meltun drepast flestir sýklarnir en þó ekki allir. Hitapolnir sýklar ásamt flestum hinum mengunarefnunum sem finna má skólþi þola gerjunina og þess vegna er vafasamt að nota skólþið við landbúnað eftir meltun (Kopf-Zukunftstechnologie, e.d.).

6.3.2 Metangerjun skólps

Skólþ hefur þá ókosti að efnainnihald þess getur verið afar misjafnt eins og kemur fram í kafla almennt um skólþ. Það skapar vandamál við losun

Þurrefnisins eftir söfnun lífgass vegna sjúkdómahættu sem skapast á þeim svæðum sem efnið er losað. Mikið lífgas tapast við rotnun skólps þegar þurrkun fer fram. Afskaplega takmarkaður umhverfislegur hagnaður er af metangerjun skólps ef hann er einhver. Það er vegna þess að nauðsynlegt er að urða skólpið eða brenna það hvort sem það er melt eða ekki. Almennur áhugi fyrir metagerjun skólps í heiminum er mjög lítill vegna þeirra fjölmörgu vandamála sem tengd eru ferlinu.

6.3.3 Gösun skólps með hitun

Gösun skólps með hitun er frekar nýleg tækni á vinnslu skólps. Helsti kostur hennar er eyðing mengunarefnanna úr skólpinu en lífgasið sem fæst úr gösuninni sjálfri er brennt til hitunar og skólpið er formi ösku eftir vinnsluna. Þessi tækni skólphreinsunar er sjálfbær á orku en helstu vandamálið við hana er að hún myndar ekkert afgangslífgas sem hægt er að nota til metanframleiðslu. Það þýðir að gösun skólps með hitun er eingöngu skólphreinsun (Kopf-Zukunftstechnologie, e.d., Steiner, o.fl., 2002).

Skólp er eftir venjulega þurrkun um 30% þurrefni en við forþurrkun fyrir gösun þarf að ná því hlutfalli upp í 80%. Það þýðir að 1000 kg af forþurrkuðu skólpi verða 400 kg með 80% þurrefni. Gösunin skilur síðan eftir sig 160 kg af þurrefni í formi ösku. Rúmmál efnisins minnkar líka mikið við gösunina en 1 m^3 af venjulega skólpi sem er 32% þurrefni verður $0,52 \text{ m}^3$ forþurrkun upp í 80% þurrefni. Gösunin minnkar rúmmálið síðan niður í $0,12 \text{ m}^3$ af steinefnum. Þessar tölur eru miðaðar við eðlilega meltun við forþurrkun upp í 32% þurrefni en ómeltað skólp hefur hærra hlutfall lífrænna efna en þegar það er meltað. Því verður hlutfallsleg minnkun þyngdar og rúmmáls meiri ef alveg ómelt skólp er notað í ferlinu (Kopf-Zukunftstechnologie, e.d.).

Orkunnihald skólps við gösun er mikilvægur þáttur þegar hagkvæmni gösunarvers er skoðuð. Venjulegt skólp inniheldur 1,6 m³ af lífgasi í hverju kg af þurrefni. Með þessu hlutfalli af gasi er hægt að framleiða 0,5 kWh af rafmagni á hvert kg af þurrefni þess. Af þessum 0,5 kWh eru 0,1 kWh notaðar beint við gösunina. Afgangur raforkunnar fer í aðra hluta gösunarversins. Einnig gefur gösunarverið frá sér 0,9 kWh af varmaorku fyrir hvert kg af þurrefni skólps. Varmaorkuna má nýta við þurrkun skólpsins í upphafi ferlisins (Kopf-Zukunftstechnologie, e.d.).

6.3.4 Hagkvæmni á Eyjafjarðarsvæðinu

Skólpgösunarver á Akureyri tæki við fráveituvatni frá rúmlega 16.000 íbúum ásamt iðnaðarskólpi sem nemur 30.000-40.000 persónueiningum (235 l/sólarhring) af skólpi. Það þýðir að gösunarver hér þyrfti að vera um helmingi minna en það sem þekkist erlendis. Þessi tækni á að vera hagkvæm niður í 1000 tonn af ári af þurrefni skólps sem er um 50.000 persónueiningar. Skólpið sem fellur til á Akureyrar er nálægt því magni með iðnaðarskólpinu.

Gríðarleg vandamál eru tengd forþurrkun skólpsins á Akureyri. Erlendis er sólarorka notuð við þurrkun en sá möguleiki er ekki til staðar hér á landi nema yfir takmarkað tímabil. Þess í stað þyrfti að nýta jarðvarma eða raforku við þurrkun sem þýðir að skólpgösunarver á Akureyri yrði líklega ekki sjálfbært á orku.

Ekki eru mörg dæmi um vinnslu metans úr skólpi í heiminum í dag. Í raun virðist skólp vera sá möguleiki til metanframleiðslu sem minnstur áhugi er fyrir. Ástæður þess eru nokkrar en helst þær að litlir möguleikar eru á orkuframleiðslu með metansöfnun úr skólpi. Það kemur til af mikilli orkuþörf ferlisins. Lágt þurrefnishlutfall skólps er vandamál og þeir fáu sem hafa framkvæmt eitthvað í þessum málum nýta sér

sólarorku við forþurrkun skólpsins. Við það tapar skólpið hluta af orku sinni ásamt því að sá möguleiki er ekki alls staðar fyrir hendi. (Kopf-Zukunftstechnologie, e.d.).

Vinnsla metans úr skólpi er að mínu mati mjög erfið á Akureyri en til þess liggja nokkrar ástæður. Í fyrsta lagi hefur skólperfi bæjarins ekki verið samtengt hingað til heldur leitt út á nokkrum stöðum. Það stendur þó til bóta og samtengingu skólplagna á að ljúka árið 2007 með einu úttaki (Helgi M. Pálsson, munnleg heimild, 10. apríl 2007).

Annað stórt vandamál er einfalt skólperfi í stórum hluta bæjarins. Í öllum nýjustu hverfum Akureyrarbæjar er tvöfalt kerfi þar sem annars vegar er lögn fyrir skólp og hins vegar lögn fyrir affallsvatn af götum. Þetta skiptir miklu máli ef nýta á skólp til gösunar. Stærsta vandamálið er of mikið vatn í skólpinu og þess vegna þarf mun meiri orku til hækka þurrefnishlutfall skólpsins svo það sé vinnanlegt. Þá er einnig stórt vandamál hversu erfitt er að hafa stjórn á ferlinu þegar mikil úrkoma eða hláka hefur verið. Þá fyllast allar götur og magnið sem gösunarverið tekur við af skólpi getur margfaldast á mjög stuttum tíma af nánast óvinnanlegu skólpi.

Mismikil vatnsblöndun skólps skapar einnig hráefnisvandamál fyrir gösunarferlið þar sem miklu getur munað á þeim tíma sem tekur að hækka þurrefnishlutfall skólps sem skapar forðavandamál við gösunina. Mikið er einnig af óæskilegum efnum sem berst í skólpið af götunum eins og olíur, tjara o.fl (Helgi M. Pálsson, munnleg heimild, 10. apríl 2007).

6.4 Söfnun lífgass með samnýtingu hráefnis

Möguleikar eru á blöndun mismunandi hráefna til að auka gösunarhæfni þeirra. Í því samhengi er mest rætt um blöndun lífræns sorps í búfjáraður. Blöndun skólps við önnur gösunarefni þykir ekki góður kostur vegna margra óæskilegra efna í skólpi. Bæði kostir og ókostir fylgja blöndun

lífræns sorps í búfjáraburð. Kostirnir eru aukið næringarinnihald búfjáraburðarins sem skilar sér í öflugra gösunarefni og góðum áburði eftir meltunina. Einnig er það góður kostur að geta nýtt sama gösunarverið bæði til gassöfnunar úr bæði búfjáraburði og lífrænu sorpi. Nauðsynlegt er að skoða vel hvaða efni það eru sem stendur til að blanda saman við mykjuna og skoða efnasamsetningu þeirra. Það er gert til að athuga hvort einhver óæskileg efni séu til staðar fyrir ferlið og til að skoða í hversu miklu magni á að blanda þeim saman við mykjuna (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

Þegar búið er að metangerja búfjáraburð er hann einfaldlega borin á tún og nýtist sem áburður. Ef lífrænum sorpi er blandað saman við hann er nauðsynlegt að velja hveggjar tegundar það er. Reglugerð nr. 660/2000 (sjá viðauka III) um meðferð og nýtingu á sláturúrgangi og dýraúrgangi, fjallar um meðferð og vinnslu á mismunandi tegundum sláturúrgangs. Þar fellur úrgangur úr sauðfjár og nautgripa af riðusvæðum, þ.e. svæðum þar sem riða hefur greinst eða grunur leikið á riðu síðustu 10 ár í flokk sérlega hættulegs úrgangs. Strangar reglur eru um eyðingu slíks úrgangs í reglugerðinni. Nýting hans til meltunar með búfjáraburði kemur því líklega ekki til greina ef hráefnið er ekki urðað eftir gösun. Allir hlutar heilbrigðra sláturdýra teljast til hættulítis úrgangs. Þrátt fyrir það getur reynst erfitt að fá samþykki fyrir öðru en förgun gösunarefna á afgirtu, beitarlausu svæði vegna mögulegrar blöndunar við hættulegan úrgang. (Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson, 1998).

7 Niðurstöður

Eyjafjarðarsvæðið er öflugt landbúnaðar- og iðnaðarsvæði þar sem búa yfir 20.000 manns. Uppsprettur lífmassa sem mögulegt væri að safna úr lífgasi eru þó nokkrar og misjafnar í eðli sínu.

Lífrænt sorp sem til fellur er um 22.000 tonn á ári, bæði frá heimilum og iðnaði, er að mestu leyti urðað. Á hverju ári falla til um 220.000 tonn af búfjáraurði sem mögulegt er að gasa.

Akureyrarbær er stærsta þéttbýlissvæðið í Eyjafirði með um 16.500 íbúa. Skólþ sem kemur frá því svæði einu er á ársgrundvelli um 1,43 milljónir m³. Mikið skólþ kemur einnig frá iðnaði og líklegt er að heildarmagn skólþs frá Akureyrarbæ sé á bilinu 4 til 5 milljónir m³ árlega. Lífgas er orkuríkt eldsneyti sem nýta má til varma- og rafmagnsframleiðslu. Þá er hægt að hreinsa metan úr því og nota sem eldsneyti á bifreiðar og í iðnaði.

Ísland stendur mjög framarlega í heiminum í nýtingu endurnýjanlegra orkugjafa. Nægilegt magn orkulinda er til staðar og kostnaður við bæði við rafmagn og hita er mjög lágur. Notkun lífgass verður því líklega seint samkeppnishæf á þeim markaði. Meiri möguleikar felast í því að hreinsa úr því metanið og nota sem eldsneyti á bifreiðar. Til þess að mögulegt sé að nýta metan á þann hátt verður að byggja áfyllingarstöðvar á sem flestum stöðum á landinu. Nauðynlegt er að tryggja aðgang að metani áður en metanbifreiðar geta orðið samkeppnishæfar á bifreiðamarkaði.

Nokkar aðferðir eru mögulegar við gösun lífmassa. Þar ber fyrst að nefna metangerjun í meltara þar sem lífmassi er gasaður fyrir tilstilli metanbaktería við loftfirrtar aðstæður. Önnur aðferð er gösun lífmassa með hitun en þar er lífmassi brotinn niður með varmefnafræðilegu ferli þar sem kolefni færast í gasform úr föstu formi. Einnig er mögulegt að safna

lífgasi úr lífrænu sorpi með hauggassöfnun bæði úr orkuhleif og við urðun sorps.

Möguleikar á lífgassöfnun úr búfjáraburði á Eyjafjarðarsvæðinu eru þó nokkrir. Fræðilega væri hægt að vinna rúmlega 5 milljónir Nm³ af lífgasi úr búfjáraburði sem fellur til á svæðinu. Besta leiðin við söfnun lífgass úr búfjáraburði er með metangerjun í meltara. Nokkar útfærslur er til staðar á vinnslugerð meltara en samfelld vinnsla er yfirleitt notuð erlendis vegna lægri kostnaðar við byggingu metangerjunarversins.

Fjölmargar leiðir eru við gösun lífræns sorps. Það er mögulegt að metangerja það í meltara eitt og sér eða í blöndu með búfjáraburði. Þá er hægt að gasa úrganginn með hitun eða í orkuhleif. Söfnun hauggas úr urðuðu sorpi væri einnig möguleiki ef ekki væri fyrir lög nr. 55/ 2003 og reglugerð en lög nr. 737/2003 um meðhöndlun úrgangs, sem miða að minnkun á urðun sorps gera það að verkum að það verður ekki hægt í nánustu framtíð.

Gösun skólps er vandmeðfarinn vegna erfiðra efna í því og mikils vatnsinnihalds. Metangerjun skólps er ekki raunhæfur kostur, hvorki eitt og sér eða með öðrum efnun. Gösun þess með hitun er möguleiki en þó miklum vandkvæðum bundin og þá eingöngu til skólphreinsunar. Hækkun þurrefnisinnihalds með þurrkun o.fl. þarfnast mikillar orku og allt lífgasið fer í þau ferli.

Samnýting hráefnis til gösunnar getur verið góður kostur. Blöndun lífræns sorps við búfjáraburð eykur gösunarhæfni gösunarefnisins. Ef lífrænu sorpi er blandað í búfjáraburð er nauðsynlegt að athuga innihald lífræna sorpsins. Vandamál eru tengd losun gösunarefnanna vegna mögulegrar smithættu lífræna sorpsins (sjá viðauka II).

Við gösun með hitun er hægt að gasa nánast hvaða lífmassa sem er en ferlið er orkufrekt og meltun hentar oft mun betur. Blöndun skólps við annan lífmassa til metangerjunar er ekki æskileg en blöndun lífræns sorps og búfjáraburðar getur komið mjög vel út. Kostnaður við uppsetningu

metangerjunarvers með samnýtingu gösunarefna er nokkru hærri en ef eingöngu er gerjaður búfjáraður.

8 Umræða/Lokaorð

Þrátt fyrir að nú sé búið að sýna fram á að orkuframleiðsla í stórum stíl með gösunartækninni sé góður kostur, er orkuframleiðslan úr lífmassa töluvert dýrari en orka framleidd úr jarðefnaeldsneyti. Hagkvæmni gösunar lífmassa er ekki nægilega mikil miðað við söfnun og vinnslu jarðefnaeldsneytis. Þess vegna er innleiðing hennar á orkumarkaðinn ekki eingöngu háð tæknilegum vandamálum heldur einnig hagfræðilegum. Innleiðing þessarar tækni á orkumarkaðinn er eingöngu möguleg með hagfræðilegri þróun gösunarkerfa og auka þannig aðdráttarafl gösunar sem raunverulegs kosts á orkumarkaði.

Kostnaður við byggingu lífgassöfnunarvera er hár og litlar líkur eru á því að einkaaðilar sjá sér hag í byggingu þeirra án þess að vera samstarfi við sveitarfélög. Styrkir til byggingar og rekstrar slíkra vera frá opinberum aðilum eru nauðsynlegir fyrst um sinn þar til metan er orðin raunveruleg markaðsvara. Til skapa þennan markað er mögulegt að byrja á ódýrasta kostinum við gösun lífræns úrgangs sem er orkuhleifur. Þannig mætti hugsanlega ryðja veginn fyrir dýrari gösunarlausnir í framtíðinni þegar metan er orðin verðmæt markaðsvara.

Aðeins ein áfyllingarstöð er á landinu í dag en önnur slík á Eyjafjarðarsvæðinu myndi opna fyrir möguleika á akstri metanbifreiða milli svæðanna. Til að tryggja sölu á metani er hugsanlegt að semja við aðila sem sjá um landflutninga milli Akureyrar og Reykjavíkur um kaup á eldsneyti. Kostir metans sem ódýrs eldsneytis ásamt því að nokkuð einfalt er að breyta dísilbílum til notkunar metans geta haft talsverð áhrif á metanvæðingu á svæðinu. Einnig er möguleiki á að opinberir aðilar fjárfesti í metanbifreiðum og fari þannig fyrir í metanvæðingu bílaflotans.

Ljóst er að mikið og verðmætt magn orku býr í lífmassa þeim sem nú fer til spillis á Eyjafjarðarsvæðinu. Virkjun hans yrði fjárfesting til framtíðar, ekki aðeins fyrir Eyfirðinga og til auka orkuöryggi Íslendinga, heldur ekki síst með tilliti til þess að draga úr hlýnun jarðar vegna gróðurhúsaáhrifa.

9 Heimildir

Akureyri. (2001) *Fráveitumál: 1.kafli staðardagskrá 21 fyrir Akureyri.*
Sótt 10. apríl 2007 af <http://www.akureyri.is/stadardagskra/nr/387>

Akureyri. (2006) *Akureyri í tölum.* Sótt 1. mars 2007 af
<http://www.akureyri.is/lifsins-gaedi/tolulegar-upplysingar/>

Babu, P. S. (2005) *Observations on the current status of biomass gasification.* Sótt 2. janúar 2007 af http://www.gastechnology.org/webroot/downloads/en/IEA/58_BiomassGasification.pdf

Baldur Pétursson. (2004) *Vaxtarsamningur Eyjafjarðarsvæðisins: til aukinnar samkeppnishæfni, sóknar og alþjóðatengsla.* Reykjavík: *Iðnaðar- og viðskiptaráðuneytið* Sótt 5. apríl 2007 af http://www.idn.adarraduneyti.is/media/Acrobat/Byggdaaetlun_Eyjafjardar.pdf

Birna S. Hallsdóttir & Björn H. Halldórsson. (1998) *Megas: Metanvinnsla úr lífrænum úrgangi frá landbúnaði.* Reykjavík: *VÍSÓ.*

Björn H. Halldórsson. (2004) *Metanbilar: hreinna loft.* Sótt 11. mars 2007 af http://www.metan.is/bindata/documents/Uppl_bilar_oktober05_00066_00026.pdf

Björn H. Halldórsson, Guðmundur Ólafsson, Gunnar Herbertsson & Teitur Gunnarsson. (2006) *Framleiðsla metans: innlend orka, aukin tækifæri. Orkuþing 2006: Orkan og samfélagið-vistvæn lífsgæði.* bls 94-105 Reykjavík: Prentsmiðjan Viðey.

- Björn J. Björnsson & Björn H. Halldórsson. (2000)** *Vinnsla lífræns eldhúsúrgangs: nokkrar aðferðir og kostnaður*. Sorpeyðing höfuðborgarsvæðisins. Sótt 12. apríl 2007 af http://www.sorpa.is/bindata/publication/Allt_00007.pdf
- Búnaðarsamband Eyjafjarðar, Búnaðarsamband Suður-Pingeyinga & Búnaðarsamband Norður-Pingeyinga. (2006)** *Ársskýrsla 2005*. Akureyri. Sótt 7. apríl 2007 af [http://www.bondi.is/landbunadur/wgbi.nsf/5ed2a07393fec5fa002569b300397c5a/653b824c072d4c6800256e7c0004cd8e/\\$FILE/BSE%20ársskýrsla2005.pdf](http://www.bondi.is/landbunadur/wgbi.nsf/5ed2a07393fec5fa002569b300397c5a/653b824c072d4c6800256e7c0004cd8e/$FILE/BSE%20ársskýrsla2005.pdf)
- Bændasamtök Íslands. (2006)** *Niðurstöður skýrsluhalds í nautgriparáekt: Ársuppgjör 2006*. Sótt 28. febrúar 2007 af <http://www.bondi.is/landbunadur/wgbi.nsf/key2/nautgriparaekt-skyrsluhald-baendurifelaginu122006>
- Commission of the European communities. (2005)** *Communication from the commission: Biomass action plan*. Brussels. Sótt 1. febrúar 2007 af http://ec.europa.eu/energy/res/biomass_action_plan/doc/2005_12_07_comm_biomass_action_plan_en.pdf
- Gunnar Guðmundsson. (2005)** *Kolvetni í fódri jörturdýra. Freyr, 09.2005* bls 16-17. Sótt 4. mars 2007 af [http://www.bondi.is/landbunadur/wgbi.nsf/Attachment/Kolvetni/\\$file/Freyr%200505%20Kolvetni.pdf](http://www.bondi.is/landbunadur/wgbi.nsf/Attachment/Kolvetni/$file/Freyr%200505%20Kolvetni.pdf)
- International association for natural gas vehicles. (2006a)** *engine types*. Sótt 11. mars 2007 af <http://www.iangv.org/content/view/24/40/>
- International association for natural gas vehicles. (2006b)** *Vehicle fuel storage*. Sótt 11. mars 2007 af <http://www.iangv.org/content/view/23/41/>

International labour organization. (2000) *Methane*. Sótt 21. janúar 2007 af http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc02/icsc0291.htm

Jensen, S. (2006) *Converting diesel engines to dual fuel: The pros and cons of common gas engine types*. Sótt 3. febrúar 2007 af <http://www.energyconversions.com/whitepaperdualfuelengines.pdf>

Judd, M. J., Kellier, M., Ulyatt, M. J., Lassey K. R., Tate, K. R., Shelton, D. o.fl. (1999) Net methane emissions from grazing sheep. *Global change biology* 5 (bls 647-657). Lincon, New Zealand: Blackwell science Ltd. Sótt 8. apríl 2007 af <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-2486.1999.00264.x>

Kopf-Zukunftstechnologie. (e.d.) *The valorisation of sewage sludge by the Kopf gasifacation process*. Sulz, Germany: Höfundur. Sótt 3. mars 2007 af <http://www.kopf-ag.de/download/kopf-sewage-sludge-gasification-8.pdf>

Lög um meðhöndlun úrgangs nr. 55/2003

Maniatis K. (e.d.) *Progress in biomass gasification: an overview*. Brussels, Belgium. European commission:. Sótt 24. janúar 2007 af http://ec.europa.eu/energy/res/sectors/doc/bioenergy/km_tyrol_tony.pdf

Mapquest. (2007) *Akureyri, Eyjafjardarsysla IS*. Sótt 26. apríl 2007 af <http://www.mapquest.com/maps/map.adp?formtype=address&country=IS&addtohistory=&city=akureyri>

Metan hf. (2007a) *Orkugildi*. Sótt 3. mars 2007 af
<http://www.metan.is/user/cat/show/66/307/>

Metan hf. (2007b) *Metanbílar í notkun*. Sótt 23. apríl 2007 af
<http://www.metan.is/user/cat/show/69/310>

Metan hf. (2007c) *Starfsemi í Álfsnesi*. Sótt 22. apríl 2007 af
<http://www.metan.is/user/cat/61/0/79>

NGVA. (2007) *What are the NGVs?*. Sótt 26. apríl 2007 af
http://www.ngva.co.uk/index/fuseaction/site.articleDetail/con_id/5027

Oregon department of energy. (e.d.) *Biogas technology*. Sótt 25. apríl 2007 af <http://www.oregon.gov/ENERGY/RENEW/Biomass/biogas.shtml>
#Types_of_Anaerobic_Digesters

Plombin, C. (2003) *Biogas as vehicle fuel: A european overview*. Stockholm: Trendsetter. Sótt 2. janúar 2007 af
http://www.senternovem.nl/mmfiles/109906_tcm24-124298.pdf

Rajvanshi, A. K. (1986) Biomass gasification. Goswani, Y. Maharashtra (ritsj.) *Alternative energy in agriculture vol II*, (bls 83-102). India: CRC press. Sótt 24. apríl 2007 af <http://nariphaltan.virtualave.net/gasbook.pdf>

Reglugerð um fráveitur og skólp nr. 798/1999

Reglugerð um meðferð og nýtingu á sláturúrgangi og dýraúrgangi. nr. 660/2000

Reglugerð um urðun úrgangs nr.737/2003

Skeljungur hf. (2007) *Einstaklingsþjónusta: eldsneytisverð.* Sótt 26. apríl 2007 af <http://www.skeljungur.is/category.aspx?catID=99>

Steiner, C., Kameda, O., Oshita, Y. & Sato, T. (2002) EBAR's fluidized bed gasification: Atmospheric 2x225 t/d for shredding residues recycling and two-stage pressurized 30 t/d for ammonia synthesis from waste plastics. *The 2nd international symposium on feedstock recycling of plastics.* Oostende, Belgium. Sótt 12. apríl 2007 af http://www.ebara.ch/downloads/ebara_ISFR02_EBARA_manuscript_Oostend.pdf

The farm team. (2007) *Property details.* Sótt 25. apríl 2007. http://www.farmsincanada.ca/property_details/216/

Umhverfisstofnun. (2003) *Staða mála hvað varðar hreinsun skólps á Íslandi: Skýrsla Umhverfisstofnunar sbr. 28. Gr. Reglugerðar nr. 798/1999, um fráveitur og skólp.* Sótt 4. mars 2007 af <http://www.ust.is/media/skyrslur2003/Skolpskyrsla2003.pdf>

U.S department of energy. (2003) *Energy efficiency and renewable energy.* Sótt 15. mars 2007 af <http://web.archive.org/web/20041124201613/www.eere.energy.gov/consumerinfo/factsheets/ab5.html?print>

VGK. (2006) *Hagkvæmnimat fyrir jarðgerðarstöð.*

10 Viðauki I

Nokkar tegundir gasara með hitun

(Maniatis, K., e.d.)

E. Atmospheric circulating fluidized bed gasifier (ACFBG) eða loftunarhringrásar vökvabeðsgasarar hafa þótt mjög áreiðanlegir hingað til við gösun margs konar úrgangs. Auðvelt er að hanna þá frá því að vera mjög litlir og allt upp í 100 MWth. Einnig er talið að stækkun (ACFBG) gasara yfir 100 MWth eigi ekki að vera vandamál. Þessi tegund gasara þykir henta best á stórum skala og er mest notuð af stóru iðnfyrirtækjunum og má þar nefna fyrirtæki eins og Foster Wheeler, Battelle, Lurgi og Austrian Energy. (ACFBG) hefur þess vegna markaðslegt aðdráttarafl og er tæknilega þróaður.

E. Atmospheric Bubbling Fluidized bed Gasifier (ABFBG) Loftunarsjóðandi vökvabeðsgasarar hafa þótt traustir við gösun ýmissa mismunandi gösunarefna sem eru á þróunarstigi. (ABFBG) eru fjöldaframleidd gösunarkerfi á smáum eða meðalstórum skala og þykir kerfið gott til orkuframleiðslu upp að 25 MWth. Þetta gösunarkerfi er bundið af stærð sinni þar sem rými gasarans er mun meira en (ACFBG) fyrir sama magn gösunnarefna. Þrátt fyrir það er (ABFBG) hagkvæmari þegar um lítið/meðal mikið magn er að ræða og þess vegna hefur kerfið mikið markaðslegt aðdráttarafl auk þess að tækni kerfisins er vel þróuð. Þau fyrirtæki sem selja ABFBG eru Carbona og Dinamec.

Pressurised fluidized bed system, þrýstingsvökvabeðs gasarar eru til í tveimur tegundum. Annars vegar hringrásar (PCFBG) og hins vegar sjóðandi (PFBG). (PFBG) hafa meðalmarkaðslegt aðdráttarafl og er það helst vegna flókinnar uppsetningar og aukakostnaðar sem skapast

vegna þrýstingshólfanna. Þrýstings vökvabeðsgasarar hafa þó þann kost að þeir nýta saman hringrásar/suðu kerfi áður en þeir þrýsta eldsneytinu saman. Þetta kemur í veg fyrir að sérstaklega þurfi að setja eldsneytið undir þrýsting fyrir nýtingu þess í brennsluofni gastúrbínunar. Helstu fyrirtækin sem selja þrýstings vökvabeðsgasara eru Carbona og Foster Wheeler.

Atmospheric downdraft gasifier (ADG) er aðlaðandi gösunarkerfi vegna þess hversu hentugt það er þegar orkuframleiðslan er lítil, eða undir 1,5 MWth. Markaðurinn fyrir þessa tegund gasara er í vexti og er talið að þeim fari ört fjölgandi eftir því sem tæknin þróast. Aðalvandamálið við ADG er uppsöfnun tjöru í kerfinu og er sífellt verið að reyna að þróa sjálfvirka, hentuga tækni til að leysa þetta vandamál. Talið er að hægt sé með hvötuðum ummyndunarferlum á tjörunni að leysa þetta vandamál. ADG er þannig talinn vera nokkuð góður kostur í framtíðinni sem hentugt gösunarkerfi.

Atmospheric updraft gasifier (AUG) hefur hingað til ekki þótt markaðslega aðlaðandi til orkuframleiðslu. Aðalástæðan fyrir því er mikil uppsöfnun tjöru í eldsneytisgasinu og skapar það vandamál við hreinsun þess.

Atmospheric cyclonic gasifier (ACG) og atmospheric entrained bed gasifier (AEBG) eru gösunarkerfi sem eru ennþá á þróunarstigi. ACG þykja nokkuð markaðsvænir og er það helst vegna einfaldleika þeirra. AEBG hafa þann ókost að gösunareldsneytið sem þeir nýta verður að vera afar fínt og þess vegna hefur þetta kerfi lítið markaðslegt aðdráttarafl. Ekkert fyrirtæki vinnur í dag að þróun AUG, ACG, ADG, og AEBG gösunarkerfa og er talið ólíklegt að það breytist vegna erfiðra vandamála tengdum stærðarhagkvæmni, tjöruhreinsun og kostnaði.

11 Viðauki II

Reglugerð nr 660/2000

Meðferð og nýting á sláturúrgangi og dýraúrgangi.

1. gr.

Tilgangur og gildissvið.

Tilgangurinn með reglugerðinni er sá að tryggja að smitefnum í sláturúrgangi og dýraúrgangi verði eytt eða þau gerð óskaðleg svo að afurðir sem framleiddar eru úr slíkum úrgangi séu lausar við smitefni.

Reglugerð þessi fjallar um söfnun, flutning, geymslu, meðferð, vinnslu og nýtingu á sláturúrgangi og dýraúrgangi. Einnig fjallar reglugerðin um brennslu og urðun á slíkum úrgangi.

2. gr.

Orðskýringar.

Afurðir úr kjötmjölsverksmiðju: Nytja- eða söluvara, fullunnin eða að nokkru leyti unnin.

Brennsluofn: Ofn sem starfsleyfi er fyrir samkvæmt reglugerð fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun. Þar er dýraúrgangi eða sláturúrgangi eytt með brennslu við háan hita.

Búfé: Alifuglar, geitur, hross, kanínur, loðdýr, nautgripir, sauðfé, svín og önnur dýr sem haldin verða til nytja. Rísi ágreiningur um hvað falla skuli undir hugtakið búfé sker landbúnaðarráðherra úr þeim ágreiningi.

Dýr: Búfé, eldisfiskar, villt spendýr og fuglar.

Dýraúrgangur: Heil hræ, skrokkar, skrokkhlutar, líffæri eða aðrar afurðir af dýrum sem ekki eru hæfar eða ætlaðar til manneldis.

Hættulegur úrgangur: Sjá 4. gr.

Hættulítill úrgangur: Sjá 5. gr.

Kjötmjölsverksmiðja: Verksmiðja þar sem nytja- eða söluvara er unnin úr sláturúrgangi og/eða dýraúrgangi.

Sérlega hættulegur úrgangur: Sjá 3. gr.

Sláturafurðir: Kjöt og slátur af öllum sláturdýrum.

Sláturdýr: Búfé, sem slátrað er í löggiltum sláturhúsum til manneldis.

Sláturúrgangur: Afurðir sem falla til við slátrun dýra og ekki eru nýttar til manneldis.

Söfnunarstaður: Afmarkað svæði, samþykkt af héraðsdýralækni og með starfsleyfi frá heilbrigðisnefnd, þar sem úrgangi er safnað saman og hann geymdur við smitgát skamman tíma fyrir vinnslu eða aðra meðferð.

Urðunarstaður: Staður sem hefur starfsleyfi samkvæmt reglugerð fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun og fengið hefur samþykki héraðsdýralæknis.

Úrgangur: Dýraúrgangur og sláturúrgangur.

3. gr.

Sérlega hættulegur úrgangur.

Úrgangur úr sauðfé, geitfé og nautgripum sem kemur frá svæði þar sem riða hefur greinst eða grunur hefur leikið á riðu síðastliðin tíu ár.

Úrgangur með riðusmitefni, grun um riðu eða annan heilahrönnunarsjúkdóm, einnig dýr sem lógað hefur verið til útrýmingar á riðu, þar með er talið skinn, húðir, blóð og saur úr slíkum dýrum.

Úrgangi sem talinn er upp í 1.-2. mgr. skal safna og flytja án tafar til eyðingar í brennsluofni sé hann til staðar. Nota skal gáma eða flutningatæki sem samþykkt hafa verið af heilbrigðisnefnd og héraðsdýralækni og eru lagarheld og lokuð eða með yfirbreiðslu. Þar sem ekki er völ á brennsluofni skal úrgangi safnað saman og hann fluttur án tafar á urðunarstað og hann

urðaður þannig að jarðlag sé a.m.k. einn metri. Tryggja skal að mengun berist ekki í umhverfið. Áður en slíkur úrgangur er urðaður skal úða hann með viðeigandi sótthreinsi.

Flutningatæki, yfirbreiðslur og gáma skal þvo vandlega með heitu vatni og sótthreinsa að lokinni hverri ferð.

4. gr.

Hættulegur úrgangur.

- a) Hræ af búfé sem er sjálfdautt eða hefur verið lógað og ekki ætlað til manneldis, þar með talin dauðfædd dýr og fóstur slíkra dýra.
- b) Hræ og úrgangur frá öðrum dýrum sem yfirdýralæknir telur að meðhöndla skuli sem hættulegan úrgang.
- c) Dýr sem felld eru vegna sóttvarna samkvæmt opinberum fyrirmælum, sbr. þó 3. gr.
- d) Allir hlutar sláturdýra sem dæmast óhæfir til manneldis og eru með merki um alvarlega sjúkdóma sem geta borist í fólk eða dýr.
- e) Sláturafurðir sem hafa spillst og geta verið hættulegar til manneldis.
- f) Sláturafurðir erlendar og innlendar sem hafnað er við innflutningseftirlit.
- g) Dýr sem hafa drepist í flutningi.
- h) Sláturafurðir með aðskotaefni og lyfjaleifar.
- i) Eldisfiskur með einkenni smitsjúkdóma.
- j) Annar hættulegur úrgangur að mati héraðsdýralæknis.

5. gr.

Hættulítill úrgangur.

- a) Allir hlutar heilbrigðra sláturdýra, þar með talið blóð og fóstur, en eru ekki ætlaðir til neyslu af viðskiptaástæðum.
- b) Allir hlutar sláturdýra sem dæmast óhæfir til manneldis, en eru ekki með merki um alvarlega sjúkdóma sem borist geta í fólk eða dýr.

- c) Klaufir, horn, svínaburstir og fiður af heilbrigðum dýrum sem slátrað er í sláturhúsi.
- d) Matarleifar og matarúrgangur, þar með talin bein og annar úrgangur frá kjötvinnslum.
- e) Annar hættulítill úrgangur að mati héraðsdýralæknis.

6. gr.

Meðferð og vinnsla úrgangs.

Meðhöndlun og vinnsla úrgangs skal vera í samræmi við ákvæði reglugerða er varða úrgang og reglugerð um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun. Auk þess skulu þeir sem meðhöndla, geyma eða flytja hræ og sláturúrgang til brennslu eða urðunar eða ætla að nýta það til fóðurgerðar afla sér heimildar yfirdýralæknis áður en starfsemin hefst í samræmi við lög um dýrasjúkdóma og varnir gegn þeim.

Sláturúrgangi skal sláturleyfishafi safna saman og dýraúrgangi skal eigandi safna saman og flytja hann eins fljótt og kostur er á söfnunarstað. Þar sem ekki er völ á slíku skal úrgangurinn fluttur án tafar til brennslu í brennsluofni eða til urðunar á urðunarstað. Leiki vafi á því hver eigandi úrgangs er ber að tilkynna það heilbrigðiseftirliti sem gerir viðeigandi ráðstafanir í samræmi við lög um hollustuhætti og mengunarvarnir.

Úrgang skal flytja í gámum eða flutningatækjum sem samþykkt hafa verið af heilbrigðisnefnd og héraðsdýralækni, eru lagarheld og lokuð eða með yfirbreiðslu.

Flutningatæki, yfirbreiðslur og gáma skal þvo vandlega með heitu vatni að lokinni hverri ferð og sótthreinsa reglulega.

7. gr.

Rekstrarleyfi.

Sá sem hyggst starfrækja eða byggja kjötmjölsverksmiðju skal sækja um

rekstrarleyfi til landbúnaðarráðuneytisins áður en starfsemin hefst, svo og vegna allra meiriháttar breytinga á fyrirkomulagi, búnaði og rekstri eða þegar eigendaskipti verða. Leggja skal fram teikningar af byggingum ásamt lýsingu á búnaði, fyrirhuguðum afköstum og öðru sem ráðuneytið telur nauðsynlegt. Áður en sótt er um rekstrarleyfi til landbúnaðarráðuneytis skal liggja fyrir starfsleyfi heilbrigðisnefndar samkvæmt reglugerð um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun.

Landbúnaðarráðherra veitir rekstrarleyfi fyrir kjötmjölsverksmiðjur að fenginni umsögn yfirdýralæknis.

Endurmeta skal rekstrarleyfi kjötmjölsverksmiðju á fimm ára fresti.

8. gr.

Nýting afurða.

Afurðir úr kjötmjölsverksmiðju þar sem unnið er bæði úr hættulegum og hættulitlum úrgangi má aldrei nota í fóður fyrir dýr sem ætluð eru til manneldis. Umbúðir þeirra afurða skal merkja greinilegri áletrun um að bannað sé að nota kjötmjölið fyrir dýr sem ætluð eru til manneldis eða gefa af sér afurðir til manneldis.

Afurðir úr kjötmjölsverksmiðju þar sem unnið er eingöngu úr hættulitlum úrgangi má nota í fóður fyrir einmaga dýr en aldrei fyrir jórturdýr. Umbúðir þeirra afurða skal merkja greinilegri áletrun um að bannað sé að nota kjötmjölið fyrir jórturdýr.

Afurðir úr kjötmjölsverksmiðju sem unnar eru úr hættulitlum úrgangi má einnig nota í áburð.

Afurðir úr kjötmjölsverksmiðju sem notaðar eru í fóður verða að uppfylla ákvæði reglugerðar nr. 650/1994 um eftirlit með fóðri en ákvæði reglugerðar nr. 398/1995 um áburð og jarðvegsbætandi efni ef nota á þær sem áburð.

Kjötmjölsverksmiðja sem vinnur bæði úr hættulegum og hættulitlum úrgangi en vill skipta yfir í það að framleiða nytja- eða söluvörur einungis

úr hættulitlum úrgangi verður að fá vottorð viðkomandi héraðsdýralæknis þess efnis að sóttthreinsun tækjabúnaðar og húsnæðis kjötmjölsverksmiðjunnar hafi farið fram áður en hægt er að hefja vinnslu að nýju.

9. gr.

Eftirlit.

Héraðsdýralæknir annast eftirlit með kjötmjölsverksmiðjum sem lúta reglum er birtast í viðauka með reglugerð þessari. Uppfylli kjötmjölsverksmiðja ekki lengur þær kröfur skal héraðsdýralæknir, eins fljótt og verða má, skýra forráðamönnum fyrirtækisins skriflega frá því og jafnframt skal hann tilkynna það yfirdýralækni sem gerir skriflega kröfur um úrbætur og setur hæfilegan frest. Yfirdýralæknir getur stöðvað starfsemina tímabundið ef um alvarlega ágalla er að ræða. Hann tilkynnir þá jafnframt ráðherra að reksturinn hafi verið stöðvaður tímabundið eða leggur til að reksturinn verði stöðvaður uns úr hefur verið bætt. Verði ágreiningur um ákvörðun yfirdýralæknis sker landbúnaðarráðherra úr honum. Rekstrarleyfið fellur niður hafi eigi verið bætt úr göllum að loknum fresti. Heilbrigðisnefnd ber ábyrgð á mengunarvarnaeftirliti með kjötmjölsverksmiðjum og framkvæmd þess í samræmi við ákvæði reglugerðar um mengunarvarnaeftirlit.

10. gr.

Viðurlög.

Brot gegn ákvæðum reglugerðar þessarar og fyrirmælum settum samkvæmt henni varða sektum eða fangelsi allt að tveimur árum ef sakir eru miklar. Með mál vegna brota skal farið að hætti opinberra mála.

11. gr.

Gildistaka.

Reglugerð þessi er sett með heimild í lögum nr. 96/1997 um eldi og heilbrigði sláturdýra, slátrun, vinnslu, heilbrigðisskoðun og gæðamat á sláturafurðum og lögum nr. 25/1993 um dýrasjúkdóma og varnir gegn þeim, með síðari breytingum, og að höfðu samráði við umhverfisráðuneytið hvað varðar meðferð úrgangs, útgáfu starfsleyfa og eftirlit heilbrigðisnefnda og Hollustuverndar ríkisins. Reglugerðin er sett með hliðsjón af tilskipun 90/667/ EBE.

I.

Bráðabirgðaákvæði.

Endurskoða skal reglugerð þessa fyrir árslok 2002.

Landbúnaðarráðuneytinu, 23. ágúst 2000.

Guðni Ágústsson.

Ingibjörg Ólöf Vilhjálmisdóttir.

12 Viðauki III

Úr reglugerð um meðhöndlun úrgangs nr. 737/2003

III. KAFLI

Meðhöndlun úrgangs.

11. gr.

Meginreglur.

Draga skal eins og unnt er úr myndun úrgangs. Stefnt skal að endurnotkun og endurnýtingu hans svo sem kostur er. Beita skal bestu fáanlegri tækni við meðhöndlun úrgangs.

Allur úrgangur skal færður til meðhöndlunar í söfnunar- eða móttökustöð eftir því sem nánar verður kveðið á um í reglugerð þessari, öðrum reglugerðum um úrgang eða samþykktum sveitarfélaga. Allur úrgangur skal meðhöndlaður á viðeigandi hátt áður en til förgunar kemur.

Meðferð úrgangs skal vera með þeim hætti að óþrifnaður og óþægindi stafi ekki af.

Bannað er að skilja eftir, flytja, dreifa eða geyma úrgang á þann hátt að valdið geti skaða, mengun eða lýtum á umhverfinu. Þetta gildir jafnt um smærri sem stærri hluti.

Opin brennsla úrgangs er óheimil. Þetta á þó ekki við um brennur, t.d. áramótabrennur o.þ.h., sem starfsleyfi hefur verið veitt fyrir, sbr. ákvæði reglugerðar um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun, enda sé í leyfinu kveðið á um að brennslutími miðist við tilefnið

og að efni og magn sem fari í brennuna sé tilgreint.

Hafi úrgangur dreifst eða sé meðferð úrgangs ábótavant að öðru leyti getur heilbrigðisnefnd krafist þess að viðkomandi aðili hreinsi upp og geri viðeigandi ráðstafanir í samræmi við ákvæði reglugerðar þessarar.

Úrgangshafa er óheimilt að þynna eða blanda úrgang í þeim eina tilgangi að hann fullnægi viðmiðunum um móttöku úrgangs.