



**Nýtingarmöguleikar á úrgangi
frárennslishreinsistöðvar hjá Mjólkursamsölunni
á Selfossi**

unnið fyrir Mjólkursamsöluna á Selfossi
í samvinnu við VGK-Hönnun

**Viðskipta- og raunvísindadeild Háskólans á Akureyri
Lokaverkefni (LOK1126)
Nemandi Suvi Marjaana Hovi
2007**

Skóli	Háskólinn á Akureyri
Deild	Viðskipta- og raunvísindadeild
Fag	Lokaverkefni LOK1126
Heiti verkefnisins	Nýtingarmöguleikar á úrgangi frárennslisreinsistöðvar hjá Mjólkursamsölu á Selfossi
Verktími	01.11.06 - 01.05. 07
Heiti fyrirtækis	Mjólkursamsalan á Selfossi, VGK- Hönnun
Nemandi	Suvi Marjaana Hovi
Leiðbeinandi	Ásgeir Ívarsson
Upplag	7
Blaðsíðufjöldi	78 + 13
Fjöldi viðauka	31
Fylgigögn	2
Útgáfu- og notkunarréttur	

“Ég lýsi því yfir að ég ein er höfundur þessa verkefnis og að það er afrakstur eigin rannsókna.”

Suvi Marjaana Hovi, höfundur

“Það staðfestist að verkefni þetta fullnægir að mínum dómi kröfum til prófs í námskeiðinu LOK1126.”

Ásgeir Ívarsson, leiðbeinandi

Summary

One year ago a cleaning of the effluent from the dairy of Mjólkursamsalan in Selfossi began with an aeration tank and an automatic KWC flotation unit where buoyancies waste/flocks floats up. There are about 3.000 kg of dairy sludge which comes out daily. The aim of this project was to investigate how the sludge could be utilized with the environment in mind.

In November 2006 samples of the sludge were taken and the protein, fat, ash, phosphate, nitrogen and carbohydrate content was analyzed. The chemical properties of the sludge were similar compared with other dairies.

Trials to use the sludge directly as fertilizer for forest ground within a restricted area were done. It was also tried to use sludge mixed with meat meal and a chemical fertilizer. It's not possible to estimate the results since too short time has passed.

Experiments with polymers to thicken sludge were done. There are hopes that it polymers could be used to thicken the sludge from the KWC flotation unit.

A feasibility study of composting the sludge with a standard batch composting unit was done. This devise is automatically controlled container with capacity of 25 m³ to 31 m³. The composting process takes 6-12 days. The investment cost is relative high, but the operational cost of composting on other hand would be the cheapest of all possibilities. It could also be possible to sell compost and get money back.

Keywords: dairy, sludge, effluent, composting, polymers, utilizing dairy sludge.

Ég vil þakka Guðmundi Geir Gunnarssyni, mjólkurbússtjóra, fyrir stuðninginn við verkefnið.

Ég vil þakka Hörpu Dís Harðardóttur og Birni Bjarnasyni hjá Suðurlandsskógum og Hreini Óskarssyni hjá Skógrækt Ríkisins fyrir góða samvinnu í tilraunum með nýtingu slamms sem áburðar.

Ég vil þakka vinnufélögum mínum í Mjólkursamsölunni á Selfossi fyrir hjálpina við að safna gögnum, bjarga deginum hjá mér með brosi sínu og að hafa trú á því að not skyldi finnast fyrir slammið.

Ég vil að lokum þakka þeim Ásgeiri Ívarssyni, Ólafi Unnarssyni, Eiríki Erni Baldurssyni og Sölva B. Hilmarssyni fyrir að lesa yfir textann.

Selfossi, 30. apríl 2007

Marjaana Hovi

Útdráttur

Fyrir einu ári var sett í gang hreinsistöð hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi, til að hreinsa vinnsluvatnið með loftunartanki og fleytibúnaði þar sem óhreinindin fljóta upp með loftbólum. Það aðskiljast u.þ.b. 3.000 kg af slammi hvern virkan dag í fleytibúnaðinum. Markmið okkar í þessum tilraunum var að kanna umhverfisvæna nýtingarmöguleika fyrir slammið.

Í nóvember 2006 var daglega tekið eitt sýni af slamminu og prótín-, fitu-, ösku-, fosfat-, köfnunarefnis- og kolvetnisinnihald greint. Niðurstöðurnar reyndust sambærilegar við niðurstöður frá öðrum mjólkurbúum.

Tilraunir voru gerðar með að nota slamm sem áburð í skógarbelti á afgirtum svæðum. Það voru einnig gerðar tilraunir með slamm sem í hafði verið bætt kjötmjöli ásamt tilbúnum áburði. Í þeim tilraunum er því miður ekki hægt að greina ákveðnar niðurstöður þar sem að stuttur tími hefur liðið.

Tilraunir til að þykkja slammið með fjölliðum voru gerðar. Það er von til þess að hægt verði að nýta þær til þykkingar slamma sem kemur frá fleytibúnaðinum.

Þá var hagkvæmni þess að jarðgera slammið í þar til gerðum jarðgerðargámi könnuð. Gámarnir eru sjálfvirkir og taka frá 25 m³ til 31 m³ af úrgangi sem jarðgerðist á 6-12 dögum. Fjárfestingarkostnaður í jarðgerðargámi er tiltölulega hár, en rekstrarkostnaður er aftur á móti lágur miðað við aðra möguleika. Það er auk þess hugsanlegt að hafa megi tekjur umfram kostnað af sölu moltu.

Lykilorð: mjólkurbú, slamm, frárennsli, jarðgerð, fjölliður, nýting slamma.

Efnisyfirlit

Summary	iii
Útdráttur	v
Efnisyfirlit	vi
Töfluskrá	ix
Myndaskrá.....	x
Skilgreining hugtaka	xi
1. Inngangur	1
2. Fræði.....	3
2.1. Efnasambönd í frárennslinu	3
2.1.1. Helstu innihaldsefni mjólkur	3
2.1.1.1. Fita.....	4
2.1.1.2. Prótín.....	4
2.1.1.3. Sölt	6
2.1.1.4. Laktósi (mjólkursykur).....	6
2.1.1.5. Önnur efnasambönd	7
2.1.2. Hreinsiefni	7
2.1.2.1. Basísk hreinsiefni (sóðar).....	8
2.1.2.1. Súr hreinsiefni	10
2.2. Hreinsun frárennslis	10
2.2.1. Eiginleikar frárennslis frá mjólkurbúum	12
2.2.2. Hreinsun frárennslis frá mjólkurbúum.....	13
2.2.2.1. Vélræn hreinsun	14
2.2.2.2. Efnifræðileg hreinsun	15
2.2.2.3. Setmyndun.....	15
2.2.2.4. Líffræðileg hreinsun.....	15
2.2.2.5. Loftháð annarsstigs hreinsun.....	15
2.2.2.6. Loftfirrt annarsstigs hreinsun	17
2.2.2.7. Hlutleysing	17
2.2.2.8. Fleytibúnaður	18

2.2.2.9. Fjórðastigs hreinsun	19
2.2.3. Fjölliður til þykkingar slamms.....	19
2.2.4. Hreinsun frárennslis frá Mjólkursamsölnni á Selfossi.....	21
2.2.5. Hreinsun frárennslis, Valio Oy, Herajoen meijeri	23
2.3. Nýtingamöguleikar fyrir slamm	24
2.3.1. Jarðgerð.....	24
2.3.2. Bein notkun slamms sem áburðar	26
2.3.3. Slamm og jarðgerð.....	30
2.3.4. Niðurbrot með örverum í jarðgerð.....	32
2.3.4.1. Bacillus.....	34
2.3.4.2. Thermus-tegundir	35
2.3.4.3. Actinomycetes	36
2.3.4.4. Myglusveppir	36
2.3.4.5. Frumdýr (Protozoa).....	37
2.3.5. Metangasframleiðsla.....	38
2.3.6. Lífdísill	41
2.3.7. Kjötmjöl.....	41
2.3.8. Annað: Bactivator.....	42
3. Efni og aðferðir	44
3.1. Örverugreiningar í slammi	44
3.2. Fjölliður.....	45
3.3. Efnasamsetning slamms	47
3.4. Slamm sem áburður.....	47
4. Niðurstöður.....	49
4.1. Örverumælingar á slammi - stikkprufur.....	49
4.2. Vatnsnotkun	50
4.3. Rennslismælir við flæðidælu.....	50
4.4. Magn slamms	51
4.5. Efnasamsetning slamms	51
4.6. Hreinsiefnanotkun	54
4.7. Sýrustig slamms	55

4.8. Slamm sem áburður	56
4.9. Jarðgerð	56
4.10. Rekstrarkostnaður	58
4.11. Fjölliður	58
5. Umræða um niðurstöður.....	59
5.1. Örverumælingar á slammi - stikkprufur.....	59
5.2. Vatnsnotkun	60
5.3. Rennslismælir við flæðidælu.....	60
5.4. Magn slammis	60
5.5. Efnasamsetning slammis	61
5.6. Hreinsiefnanotkun	64
5.7. Sýrustig slammis	66
5.8. Slamm sem áburður.....	66
5.9. Jarðgerð	68
5.10. Rekstrarkostnaður	69
5.11. Fjölliður	69
6. Lokaorð	72
7. Heimildaskrá.....	74
8. Viðaukar.....	79

Töfluskrá

Tafla 1.	Efnainnihald mjólkur, sundurliðað	Viðauki 1.
Tafla 2.	Fitusýrusamsetning mjólkurfitu	Viðauki 2.
Tafla 3.	Jafnhleðslupunktur mjólkurprótína	Viðauki 3.
Tafla 4.	Ensím í mjólk	Viðauki 4.
Tafla 5.	Notkun hreinsiefna frá Rekstrarvörum árin 2004, 2005 og 2006	Viðauki 5.
Tafla 6.	Notkun hreinsiefna frá Tandri árin 2004, 2005 og 2006	Viðauki 6.
Tafla 7.	Mælingar á frárennsli frá hreinsistöð Valio Herajoki mjólkurbúsins	Viðauki 9.
Tafla 8.	Tilraunir með fjölliður	Viðauki 15.
Tafla 9.	Sýnatökuaðstæður í hreinsistöðinni	Viðauki 16.
Tafla 10.	Tilraun með notkun slamms sem áburðar á skógarbelti	Viðauki 17.
Tafla 11.	Greindar örverutegundir og fjöldi í slammi	Kafla 4.1.
Tafla 12.	Vatnsnotkun hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi	Viðauki 19.
Tafla 13.	Samantekt yfir vatnsnotkun hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi	Kafla 4.2.
Tafla 14.	Framleiðsla hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi, 20.11.2006-27.11.2006	Viðauki 20.
Tafla 15.	Samantekt á framleiðslu hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi, 20.11.2006-27.11.2006	Kafla 4.5.
Tafla 16.	Efnasamsetning slamms	Kafla 4.5.
Tafla 17.	Rýrnun á G-vörum	Viðauki 21.
Tafla 18.	Samantekt yfir hreinsiefnanotkun milli ára.	Kafla 4.6.
Tafla 19.	Samantekt fyrir hreinsiefnanotkun gr. / mjólk	Kafla 4.6.
Tafla 20.	Kostnaðargreining fyrir jarðgerð	Viðauki 29.
Tafla 21.	Massajafnvægi fyrir jarðgerðarferli - útreikningar	Viðauki 31.
Tafla 22.	Rekstrarkostnaður við nýtingu á slammi.	Kafla 4.10

Myndaskrá

Mynd 1.	Helstu örverufræðilegu niðurbrotsstig lífrænna efnasambanda.	Viðauki 7.
Mynd 2.	Yfirlitsmynd af hreinsistöð	Viðauki 8.
Mynd 3.	Afnítrun og efnahvörf í ferlinu.	Viðauki 10.
Mynd 4.	Acetyl-CoA ferli	Viðauki 11.
Mynd 5.	Metanmyndun hjá metanbakteríum	Viðauki 12.
Mynd 6.	Umestrun fitusýrutríglýseríðs með metanóli	Viðauki 13.
Mynd 7.	Fjórar mismunandi fjölliður frá Kemira	Viðauki 14.
Mynd 8.	Stilling sýrustigs kranavatns	Viðauki 14.
Mynd 9.	Blöndun og vakning fjölliða	Viðauki 14.
Mynd 10.	Blöndun fjölliða (katjónískar) K1912	Viðauki 14.
Mynd 11.	Blöndun fjölliða (katjónískar) K5060	Viðauki 14.
Mynd 12.	Blöndun fjölliða (anjónískar) A305	Viðauki 14.
Mynd 13.	Blöndun fjölliða (anjónískar) A321	Viðauki 14.
Mynd 14.	Mynd af tilraunasvæði	Viðauki 18.
Mynd 15.	Útreikningar fyrir rennslismælir.	Kafla 4.3.
Mynd 16.	Notkun þvottaefna milli ára	Viðauki 22.
Mynd 17.	Efnanotkun á viku	Viðauki 23.
Mynd 18.	Efnanotkun á innvigtaðan mjólkurlitra	Viðauki 24.
Mynd 19.	Sýrustig í frárennsli frá hreinsistöð 21.11-27.11.2006	Viðauki 25.
Mynd 20.	Sýrustig í frárennsli og hæð í pH-jöfnunartanki	Viðauki 26.
Mynd 21.	Fyrirspurn til Heilbrigðiseftirlits Suðurlands um jarðgerð	Viðauki 27.
Mynd 22.	Svar frá Heilbrigðiseftirliti Suðurlands um jarðgerð	Viðauki 28.
Mynd 23.	Flæðirit fyrir jarðgerðarferli	Viðauki 30.

Skilgreining hugtaka

Lífræn mengun

Magn lífrænna efnasambanda í frárennsli er yfirleitt gefið upp sem *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *calcining loss* eða sem *Total Organic Carbon* (TOC).

Ólífræn efnasambönd/mengun

Ólífræn efnasambönd innihalda aðallega sölt sem hækka jónainnihald í frárennslinu (G. Bylund *et al.*, 2003).

Hráslamm - “raw sludge”

Hráslamm er ekki meðhöndlað og verður í því svokölluð súrgerjun og lykt myndast.

Fyrsta stigs slamm - “primary sludge”

Fyrsta stigs slamm er myndað með vélrænni meðhöndlun frárennslis.

Virkt slamm - “activated sludge”

Virkt slamm myndast þegar lífræn efni frá slammi eru losuð í loftháðu niðurbroti, sem örverur sjá um. Það inniheldur oft bæði lifandi og dauðan lífmassa sem í er að finna lífræn efnasambönd og steinefni.

BOD

BOD gildi er *Biochemical Oxygen Demand*. Það segir til um það hlutfallslegt magn súrefnis, sem överur nota, til að brjóta fullkomlega niður (oxa) öll lífræn og ólífræn efnasambönd í vatnssýninu. Mælt er það magn súrefnis sem notað er á fimm (BOD_5) eða sjö (BOD_7) dögum (G. Bylund *et al.*, 2003) sem þarf til að brjóta niður lífræn efnasambönd í frárennsli við 20°C . BOD er mælt sem $\text{mg O}_2/\text{l}$ eða $\text{g O}_2/\text{m}^3$. Það gildir líka að $BOD_7 = 1,15 \times BOD_5$.

COD

COD er mælikvarði á það magn efnasambanda í frárennsli, sem er hægt að oxa með efnafræðilegum oxunarmiðli (*chemical oxidant*) (G. Bylund *et al.*, 2003). Magn oxunarmiðils er umreiknað í samsvarandi magn súrefnis, $\text{mg O}_2/\text{l}$ eða $\text{g O}_2/\text{m}^3$.

COD/BOD-hlutfallið

Hlutfallið segir til um hversu lífrænt og niðurbriótanlegt frárennslið er. Lág hlutfall t.d. <2, segir að um sé að ræða efnasambönd sem auðveldlega brotna niður (G. Bylund *et al.*, 2003).

Glæðunartap - "calcinating loss"

Glæðunartap er ákvarðað með því að þurrka sýnið fyrst og brenna síðan lífrænu efnasamböndin (G. Bylund *et al.*, 2003).

TOC – "total organic carbon"

TOC er mæliaðferð til að mæla kolefni bundið í lífrænum efnunum í sýni. Það er gert með því að mæla það magn CO₂ sem myndast við brennslu sýnisins. Einingin er mg/l.

TSS – "total suspended solids"

Uppleyst þurrefni í frárennsli, sem er hægt að fanga í síun. Inniheldur TDS.

TDS – "total dissolved solids"

Uppleyst þurrefni í frárennsli sem er hægt að sía úr vatni.

1. Inngangur

Í þessu verkefni og tilraunum því tengdu, var leitast við að finna mögulegar nýtingar- og eða afsetningarleiðir fyrir úrgang (slamm) frá hreinsistöð Mjólkursamsölunnar á Selfossi. Mjólkursamsalan á Selfossi er stærsta mjólkurbú á Íslandi og voru þar mótteknir rúmlega 46 miljón lítrar af mjólk árið 2006 eða rétt rúmlega 40% af mjólkurframleiðslunni í landinu. Vörunúmerinn frá Mjólkursamsölunni á Selfossi eru nú 189, allt frá neyslumjólk til mygluosta.

Frárennislagnir og hreinsistöð hafa verið í stöðugri þróun síðan árið 2000. Þá var frárennslið kortlagt og í framhaldi af því voru frárennislagnir endurnýjaðar og frárennslið aðgreint í þrjá stofna. Fyrsti stofninn er frárennsli frá eldhúsi og salernum sem fer beint í bæjarkerfið. Annar stofninn er fyrir skolvatn, svo kallað hreint vatn, sem fer beint í Ölfusá. Þriðji stofninn er fyrir vinnsluvatn, bæði frá framleiðslunni og af gölfum framleiðslurýma og fer það vatn í hreinsistöðina og síðan í bæjarkerfið.

Vorið 2006 var frárennlishreinsistöðin tekin í notkun og í framhaldi af því voru möguleikar til að nota slammið sem svínafóður kannaðir. Í ljós kom að ekki fékkst leyfi til að nota slammið sem fóður og þar af leiðandi þurfti að leita að öðrum nýtingar- og/eða afsetningarleiðum, og hófst sú vinna haustið 2006. Um það fjallar þetta verkefni. Verkefnið er unnið í samstarfi með VGK-Hönnun.

Samstarf hófst við Skógrækt Ríkisins og Suðurlandskóga, vegna áhuga þeirra á að nota slammið sem jarðvegsbindingu á skógarbelti í stað plasts, auk þess sem slammið er talið hafa góða áburðareiginleika. Kannaður var kostnaður við að nota slammið í jarðgerð, þar sem jarðgerðin bætir greinilega áburðareiginleika slammsins.

Slammið inniheldur rúmlega 80% vatn og voru gerðar fjölliðatilraunir til að minnka umfang þess, þ.e. auka þurrefnisinnihaldið. Auk þess voru aðrir nýtingamöguleikar, í nágrenni mjólkurbúsins, kannaðir stuttlega.

Kannað var jarðgerð slamms, urðun í Kjötmjöl auk frekari niðurbrot
slammsins með tækjabúnaði (Bactivator).

2. Fræði

2.1. Efnasambönd í frárennslinu

Það sem fer í hreinsistöðina er vatnsblönduð mjólk, mjólkurvöruleifar og þvottavatn. Innihaldsefni í mjólkinni og hreinsiefnum hafa þar af leiðandi áhrif á það hvernig efnasamsetningin í slamminu verður. Efnasamsetning frárennslisins hefur beinn áhrif á nýtingarmöguleika slammins.

2.1.1. Helstu innihaldsefni mjólkur

Sýrustig ferskrar kúamjólkur er pH 6,6-6,8. Það er hægt að skipta efnasamböndum í mjólk í tvo aðalflokka, þ.e. í þau sem finnast í miklu magni annars vegar og hins vegar þau sem finnast í litlu magni (t.d. Nielsen, 2001 og Alivaara, 1971). Sundurliðun á meðaltali af efnasamböndum í mjólk er í **viðauka 1, töflu 1**. (Nielsen, 2001). Stærsti hluti mjólkur er vatn (H₂O) og er magn þess um 87,0%. Önnur aðalefni í mjólkinni eru fita, prótín, kolvetni (laktósi), aska, vítamín, steinefni og þurrefni (t.d. Swaisgood H.E., 1996 og Nielsen, 2001). Árið 2006 mældist meðalefnasamsetning innvígtaðrar mjólkur hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi eftirfarandi (þau efnasamböndum sem mæld voru):

Fita	3,95%
Prótín	3,37%
Laktósi (mjólkursykur)	4,62%
Fitusnautt þurrefni	8,91 %

Nielsen (2001) greinir frá því að mjög miklar sveiflur séu í efnasamsetningu mjólkur sem háðar eru árstíma, fódri, kúakyni, mjaltatímabili, mjaltaskiptum, aldri, heilsu og umhirðu. Þurrefnisinnihald er til dæmis mest að hausti til og það sama gildir fyrir

fitu og prótín. Breytileikinn getur verið upp í 18%. Magn mjólkursykurs sveiflast minnst, en magn fitu, prótíns og heildarþurrefnis mest. Breyting prótíninnihalds fylgir breytingum á fituinnihaldi að mestu leiti, en þó hefur ekki verið sannað að fylgnin sé alger. Þegar fitu- og prótíninnihald er lágt, er hlutfallslega meira af mjólkursykri en ella.

2.1.1.1. Fita

Þegar rætt er um mjólkurfitu er átt við allan lípíðhluta mjólkurinnar sem saman stendur af trí-, dí-, og mónóglýseríðum, fríum fitusýrum, fosfólípíðum, sterólíði og karótenóíði ásamt A-, D-, E- og K-vítámínum (t.d. Nielsen, 2001 og Alivaara, 1971). Fitan myndar þeytu í mjólkinni. Meginhluti af mjólkurfitunni (90%) eru efnasambönd samsett úr fitusýrum og hafa verið greindar allt að 100 mismunandi gerðir fitusýra. Hlutfall algengustu fitusýra í mjólk er í **viðauka 2, töflu 2**. Rúmlega helmingur fitusýranna (50-60%) hafa 10-18 atóm í kolefniskeðjunni (t.d. Nielsen, 2001 og Alivaara, 1971) og eru flestar fitusýrurnar mettaðar. Í mjólkinni er magn frírra fitusýra um 0,1-0,5%.

Fosfólípíð eru mikilvægur hópur lípíða í mjólk, um 0,6-1,0% þeirra (Nielsen, 2001). Fosfólípíð gegna mikilvægu hlutverki í þeytumyndun fitunnar. Eitt einkenna fosfólípíða er að þau oxast auðveldlega (m.ö.o. þau þrána auðveldlega) og því er geymsluþol mjólkurfitu lítið (Alivaara, 1971).

Í mjólk er einnig að finna steról og er kólesteról, $C_{27}H_{45}OH$, mikilvægast þeirra (Nielsen, 2001). Flestar fjölómattaðar fitusýrur sem koma fyrir í mjólk er að finna í kólesterólesturum.

2.1.1.2. Prótín

Aminósýruinnihald mjólkurprótína er vel þekkt og greint. Það er hægt að skipta mjólkurprótínum í átta aðalflokka, en yfir 80% prótína í mjólkinni er kasein (Alivaara, 1971). Mjólk inniheldur 29-50 g/l af prótíni. Það eru til 6 aðaltegundir af prótínum; α_{s1} -kasein (36%), α_{s2} -

kasein (12%), β -kasein (36%), κ -kasein (12%), β -laktóalbumin og α -laktaalbúmin (t.d. Swaisgood H.E., 1996 og Glazer *et al.*, 1995).

Öll kasein innihalda kalsíumfosfat “*highly hydrated spherical complex*” sem er kallað *casein micelles* eða kaseínfituhneppi. Fosfór og brennistein er að finna í kaseínfituhneppum auk kalsíums. Kasein er hægt að aðskilja frá hinum prótínunum eftir jafnhleðslupunkti, sem er pH 4,6 fyrir kasein. Í **viðauka 3, töflu 3** er að finna sundurgreiningu jafnhleðslupunkta fyrir mjólkurprótín (Swaisgood H.E., 1996).

Prótín eru byggð upp af mörgum amínósýrum sem eru tengdar saman með amíðtengjum. Í súrri lausn taka amínósýrur við prótónum og mynda katjónir, en í basískri lausn gefa þær frá sér prótónu og eru þá anjónir. Einhverstaðar þar á milli eru amínósýrur á milli þess að vera anjónískar og katjónískar, þ.e. óhlaðnar (*dipolar zwitterion*) (McMurry *et al.*, 2003) og kallast það pH jafnhleðslupunktur (pI). Á sama hátt og amínósýrur hafa sinn jafnhleðslupunkt, þá hefur prótín sinn jafnhleðslupunkt (McMurry *et al.*, 2003).

Mysuprótín er 13-17% af prótínunum í mjólkinni. Mysuprótínin myndast af α -laktalbumin, β -laktóglóbúlin, blóðserum, immunoglóbúlin, laktóferrin, ensímum og próteósapeptóni (t.d. Swaisgood H.E., 1996 og Nielsen, 2001), auk þess að innihalda mikið af fjölpeptíðum.

Ekki er mikið að finna af ensímum í mjólkinni sjálfri, en þrátt fyrir það hafa þau lykiláhrif á mjólkurafurðir og stöðuleika þeirra (t.d. Swaisgood H.E., 1996). Það er oft að finna ensím í mjólkinni sem eiga rætur sínar að rekja til baktería og þau er oftast að finna á frumuhimnum í mismunandi aðalefnasamböndum mjólkurinnar eins og í fitu og kaseini (Swaisgood H.E., 1996).

Algengustu ensím í mjólk koma fram í **viðauka 4, töflu 4**. (Swaisgood H.E., 1996).

2.1.1.3. Sölt

Sölt eru uppleyst eða bundin prótínum í mjólkinni, en þau geta líka verið bundin öðrum lífrænum efnasamböndum. Efni sem mynda mjólkursölt eru t.d. klóríð, fosföt, sítrat, kalsíum, magnesíum og natríum- eða kalíumbíkarbónat (Swaisgood H.E., 1996) auk annarra lífrænna efna.

Gerður er greinarmunur á salt- og öskuinnihald mjólkur vegna þess að sölt eru lífræn efni sem brenna. Steinefni mjólkurinnar brenna ekki og því finnast þau í öskunni (Swaisgood H.E., 1996).

Að meðaltali innihalda 100 ml af mjólk eftirfarandi frumefni:

Kalsíum	121 mg
Magnesíum	12 mg
Fosfór	65 mg
Kalíum	144 mg
Klór	108 mg
Brennisteinn	30 mg

Ýmis frumefni koma fyrir í sneffilmagni í mjólk, eins og t.d. bór, króm, kóbolt, jod, mólýbden, sink, kopar og járn (t.d. Alivaara, 1971).

2.1.1.4. Laktósi (mjólkursykur)

Mjólkursykur, öðru nafni laktósi, er um 50% af fitusnaudu þurrefnisinnihaldi kúamjólkur (Swaisgood H.E., 1996). Heildarþurrefni mjólkur er tæplega 13%. Laktósi, 4-O-β-D-galaktópýranósýl-D-glýkópýranósi (C₁₂H₂₂O₁₁), er dísakkaríð myndað úr galaktósa og glúkósa (t.d. Swaisgood H.E., 1996 og Alivaara, 1971). Það eru til margar örverur sem brjóta niður laktósa með myndun t.d. mjólkursýru, CO₂, ediksýru, smjörsýru og própíónsýru auk alkóhóla og vetnis.

2.1.1.5. Önnur efnasambönd

Önnur efnasambönd sem finnast í mjólk, en þau sem greint hefur verið frá að ofan, eru t.d. litarefni, ilmefni, sítrónusýra, uppleystar lofttegundir og vítamín. Litarefnið í mjólk er karótenóíð sem gerir mjólkurfitu gula og fer magn þess eftir árstíma. Vatnsleysanleg ríboflavín gefa mjólkinni grængulan lit (t.d. Nielsen, 2001). Ilmefni í mjólk eru laktónar. Magn sítrónusýru, $C_6H_8O_7$, í mjólk er um 0,4%.

Uppleystar lofttegundir sem er að finna í mjólk eru súrefni (0,09-0,32%), köfnunarefni (0,7-1,4%) og koldíoxíð, CO_2 (1,8-7,6%) (t.d. Nielsen, 2001 og Alivaara, 1971).

2.1.2. Hreinsiefni

Mest notuðu hreinsiefnin hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi eru NaOH-blöndur með hjálparefnum (vörumerkin T-CIP Brite og Briltak 1H) og 50-65% saltpéturssýra (HNO_3). Gerð er grein fyrir torniðurbrjótanlegu efnasamböndunum í þessum þvottefnum að neðan. Heiti mest notuðu hreinsiefnanna og notkunarmagn er að finna í **viðauka 5, töflu 5** og **viðauka 6, töflu 6**. Einnig eru notuð önnur hreinsiefni, en þau sem fram koma í viðaukum, en sú notkun er mjög lítil.

Stærstur hluti innihalds hreinsiefnanna sem eru notuð eru sölt (jónísk) og enda því að mestu leiti í vatnsfasanum (hreinsuðu vatni) í hreinsistöðinni. Að hluta til enda þau í slamminu og geta haft áhrif á notkunarmöguleika þess. Ef jónainnihald er mikið getur það haft áhrif á bindingu næringarefna þegar slammið er notað sem áburður á skógargrunn. Áhrifin eru þó minni ef slammið er jarðgert til moltu. Það sem einnig hefur áhrif á slammið eru efnin sem eru torniðurbrjótanleg í hreinsistöðinni og/eða leysast ekki algerlega upp í vatni, t.d. ýmis yfirborðsvirk efnasambönd. Notkun og magn þeirra er þó mjög lítið í mjólkurbúum.

2.1.2.1. Basísk hreinsiefni (sóðar)

Basísk hreinsiefni sem mikið eru notuð hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi eru T-CIP Brite og Brilltak. Magn helstu innihaldsefna eru eftirfarandi:

Innihaldsefni	T-CIP Brite	Brilltak
Natríumhýdroxíð (NaOH)	15-30%	30%
Kalíumhýdroxíð (KOH)	15-30%	
Fosfónöt	1-5%	
EDTA		<5%

NaOH og KOH eru auðleysanleg sölt. Þau eru m.a. notuð í hreinsiefni fyrir rörakerfi (CIP, *cleaning in place*) og með þeim er notað mikið vatn.

Fosfónöt eru ekki niðurbjótanleg í stöðluðum prófunum (*continuous activated sludge test*), en eru talin brotna hratt niður í náttúrunni af örverum, sé ljósorka til staðar. Einnig er þekkt að sumar tegundir *Pseudomonas* baktería geta nærst á fosfónötum. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Phosphonate>, uppfærsla 19.12.2006). Fosfónöt eru lífræn efnasambönd sem hafa einn eða fleiri C-PO(OH)₂ eða C-PO(OR)₂ hópa (R= alkýl- eða arýlhópur). Fosfónöt eru vatnsleysanleg og ekki rokgjörn (<http://en.wikipedia.org/wiki/Phosphonate>, uppfærsla 19.12.2006). Það er frekar lítil hættu á að fosfónöt safnist í vatnakerfi og fiskum. Þau ísogast frekar í slamminu og útfellingum. Fosfónöt hafa ekki mikil eituráhrif.

Umhverfiseituráhrif: LC₅₀ (*Salmo gairdneri*): 330 mg/l, 96 klst.

EC (*Daphnia magna*): 297 mg/l, 48 klst.

Magn fosfónata er 1-5% í öðru röramerfishreinsiefninu og er það magn ekki það mikið að það ætti að valda vandkvæðum við nýtingu slammsins. Þegar slamm er notað á skógargrunn er þar væntanlega að finna *Pseudomonas* bakteríur sem brjóta myndu niður fosfónöt auk þess sem líklegt er að aðrar bakteríur geri það einnig, sé birta til staðar.

EDTA er að finna í Briltak 1H frá Tandri hf., í magni sem samsvarar að hámarki 5%. EDTA svipar um margt til margra fosfónata, bæði hvað byggingu og eiginleika varðar. Efnafræðilegt nafn EDTA er etýlendíamíntetraediksýra eða tetranatríumetýlendíamíntetraasetat (tetranatríum EDTA) sé það á saltformi. Efnafræðileg formúla EDTA er $(\text{NaO-CO-CH}_2)_2\text{-N-CH}_2\text{-CH}_2\text{-N-(CH}_2\text{-CO-NaO)}_2$. (<http://en.wikipedia.org/wiki/EDTA>, uppfærsla 26.1.2007). Það er “kelunarefni” sem þýðir að það er um að ræða heteróhringsefnasamband sem bundið getur anjónískar eða katjónískar málmjónir með samgildu tengi (Masterton *et al.*, 2001). EDTA getur bundið málmjónir á allt að 6 stöðum í einu.

Umhverfiseituráhrif: LC₅₀ (Bluegill sunfish): 486mg/l, 96 klst

EC (*Daphnia magna*): 610 mg/l, 24 klst.

Tilgangurinn með EDTA í þvottaefnum er að mýkja vatnið með því að binda málmjónir. Þetta er þó ekki tilfellið með vörumerkinu Briltak, þar sem EDTA er til að binda kalsíumjónir sem koma úr mjólkursteini (kalsíumkarbónati) sem safnast í röramerfið. Við venjulega frárennslis hreinsun brotnar EDTA ekki niður. Það brotnar þó niður við pH-stillinguna og með lengri niðurbrotstíman á slamminu. Það er búið að einangra margar örverur í nátturúnni sem geta brotið niður EDTA í köfnunarefni og kolefni.

Væntanlega er magn EDTA svo lítið í hreinsistöðinni hjá Mjólkur-samsölunni á Selfossi að það hefur ekki mikil áhrif á

nýtingarmöguleika slammsins. Þegar slammið er notað beint sem áburður á skógarbelti, brotnar EDTA niður með tímanum.

2.1.2.1. Súr hreinsiefni

Saltpéturssýra (HNO_3) er langmest notaða súra hreinsiefnið.

Saltpéturssýra er ekki torbrjótanleg í því magni sem hún er notuð og ætti því ekki að valda nokkrum vandkvæðum hvað varðar nýtingu á slamminu.

2.2. Hreinsun frárennslis

Erlendis er algengt að frárennslis sé hreinsað í hreinsistöð í nokkrum skrefum, áður en það endar í ám og vötnum. Hérlandis hafa ýmsar reglur um hreinsun skólps verið settar síðast-liðin 10 ár (samkvæmt Evrópureglukerfinu). Það var áætlunin að flest heimili og sveitarfélög væru nú þegar komin með tveggja þrepa skólphreinsun. Það hefur þó ekki tekist ennþá, þó mörg sveitarfélög standi sig vel. Það er hægt að skipta meðhöndlun í fyrsta-, annars- og fjórðastigs meðhöndlun (t.d. Madigan *et al.*, 2003).

Frárennslis, hvaðan sem það kemur, inniheldur oft skaðleg ólífræn og lífræn efnasambönd og sjúkdómsvaldandi örverur. Fullkomin hreinsun inniheldur efnafræði- og líffræðilega meðhöndlun, til að taka burtu eða hlutleysa þessi efnasambönd og sjúkdómsvaldandi örverur (Madigan *et al.*, 2003). Það er búið að byggja upp hreinsistöð hjá nokkrum mjólkurbúum á Íslandi. Í Mjólkursamsölunni í Reykjavík er búið að byggja sýrustigjöfnunartank, en þar er ekki búið að taka hann í notkun. Í Mjólkursamsölunni á Akureyri eru þessi málefni í vinnslu og vonir standa til að hægt verði að hreinsa prótín frá frárennslinu innan skamms. Í hinum mjólkurbúunum á Íslandi er engin sérstök hreinsun á frárennslis.

Virgni hreinsunar er miðuð við BOD-gildi (t.d. Madigan *et al.*, 2003). Fyrir heimilisfrárennslis er dæmigert BOD-gildi 200 og fyrir iðnaðar-

frárennsli er BOD 1.500. Góð hreinsistöð og meðhöndlun minnkar BOD-gildi í undir 5, áður en vatninu er hleypt út í náttúruna. Magn og efnainnihald frárennslis fer eftir framleiðsluvörum, vinnsluaðferðum og hönnun mjólkurbúsins. Hér fyrir neðan er tafla fyrir nokkrar mjólkurvörur og BOD-gildi þeirra (G. Bylund *et al.*, 2003).

<i>Vara</i>	<i>BOD₅ mg/L</i>	<i>BOD₇ mg/L</i>
Rjómi, 40% fita	400.000	450.000
Nýmjólk, 4% fita	120.000	135.000
Undanrenna, 0,05% fita	70.000	80.000
Mysa, 0,05% fita	40.000	45.000
Mysuþykkni, þurrefni 60%	400.000	450.000

Magn lífræna efnasambanda í frárennsli er líka hægt að ákveða sem COD, glæðatapi eða sem TOC (G. Bylund *et al.*, 2003). Venjulega er magn efnasambanda í frárennsli gefið upp sem heildarmagn af efnasamböndum í skólpeiningu. Hægt er að greina magn efnasambanda og með t.d. HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Dæmigerðar tölur fyrir smjörframleiðslu eru (Anon. (2006) Lenntech. <http://www.lenntech.com/food-beverage-dairy.htm>. Uppfærsla 2004):

BOD	0,8-2,5 kg/tonn af mjólk
TSS	100-1000 mg/l
TDS	fosfór 10-100 mg/l
	N-efnasambönd um 5% af BOD

Við meðhöndlun úrgangs og hreinsunar frárennslis nýtast margar örverur (t.d. Madigan *et al.*, 2003). Aðalniðurbrotstígr í meðhöndluninni (Glazer *et al.*, 1995) er að finna í **Viðauka 7, Mynd 1**. Með því að losa kolefni, köfnunarefni, fosfór og brennistein frá flóknum lífrænum efnasamböndum spila örverur mikilvægt hlutverk í

Því að gera efni aðgengileg fyrir aðrar örverur (Glazer *et al.*, 1995). Bakteríur og myglusveppir spila mikilvægt hlutverk í þessum verkum. Sum þessara efna, svo sem sápur, eru tilbúin efni sem finnast ekki í náttúrinni. (Glazer *et al.*, 1995).

2.2.1. Eiginleikar frárennslis frá mjólkurbúum

Frárennsli frá mjólkurbúum inniheldur aðallega vatn, mjólk og mjólkurvöruleifar (Korrström *et al.*, 2001) ásamt ætandi, basískum og súrum hreinsiefnum og efnasamböndum. Frárennsli frá mjólkurbúum einkennist af háum styrk lífrænna efna, sveiflukenndu pH-gildi (pH 2-12) og hitastigi. Auk þessa er hlutfall fosfórs- og köfnunarefnissambanda hátt.

Vatnið sem er notað í mjólkuriðnaði verður meira eða minna mengað. Lífræn efnasambönd finnast sem uppleyst, kolloidal og óuppleyst óhreinindi. (G. Bylund *et al.*, 2003). Dæmigert vatn/mjólkurhlutfalli er 2,5/1 en það er hægt að minnka hlutfallið niður í 1/1 (G. Bylund *et al.*, 2003). Ólífræn efnasambönd er að finna í vatnsfasanum og eru þau öll nánast einungis sölt. Magn þessara salta er ákvarðað með jónstyrksmælingum (G. Bylund *et al.*, 2003) og er styrkur þeirra í frárennsli er yfirleitt mjög lágur. Köfnunarefni og fosfór eru mikilvæg vegna þess að þau eru næring fyrir lífverur, t.d. fyrir þörungum. Þegar þörungur vaxa, veldur það auknu magn lífræna efnasambanda, sem er lokaafurð úr niðurbrotsferlinu. Það getur leitt til aukinnar súrefnisnotkunar og hækkun BOD (G. Bylund *et al.*, 2003).

Vatnsnotkunina er æskilegt að kortleggja. Notkun vatns er borinn saman við móttakið mjólkurmagn og magn fullunna mjólkurvara. Lífrænt rennsli (Korrström *et al.*, 2001) er hægt að minnka t.d. með því að:

- Finna út nákvæmt hlutfall vatns og mjólkur.
- Koma í veg fyrir yfirfyllingu tanka, t.d. með því að setja hæðanema í tanka.

- Hreinsa og blása lagnir fyrir þvott.
- Nota mysu í vörur í stað þess að henda henni.
- Safna saman og nýta vatnsblöndur.
- Reyna að minnka hreinsiefnanotkun.

2.2.2. Hreinsun frárennslis frá mjólkurbúum

Á flestum Norðurlöndunum er frárennslis frá mjólkurbúum leitt beint í bæjarkerfi, en hjá sumum mjólkurbúum eru hreinsistöðvar. Æskilegt er að hafa formeðhöndlun í mjólkurbúinu sem fjarlægir fitu og jafnar sveiflur á pH. Fita er efnasamband sem er erfitt í meðhöndlun því hún hefur hátt BOD og festist í veggjum lagna og getur myndað útfellingar í hreinsibúnaði (G. Bylund *et al.*, 2003). Þess vegna er æskilegt að frárennslis frá mjólkurbúum fari í gegnum fleytibúnað, þar sem smáum loftbólum er dreift í vatnið undir þrýstingi (G. Bylund *et al.*, 2003). Loftbólurnar festast í fitunni og bera hana hratt upp á yfirborð vatnsins. Þá er annaðhvort hægt að hreinsa fituna með fleytibúnaði eða með síun. Það eru margir hreinsunarmöguleikar til staðar og helgast val aðferðar af eiginleikum frárennslisins. Það eru fjórar algengar hreinsunar-samsetningar sem eru notaðir á mjólkurbúum (G. Bylund *et al.*, 2003).

1. Eftirútfelling (*Post-precipitation*)

Þriggja þrepa hreinsun sem er vélræn, lífræn og efnafræðileg. Ferlið er öflugt og ódýrt.

- Ferli;
1. Grind → sandgildra → setmyndun
 2. Loftun → setmyndun
 3. Efnafræðileg meðhöndlun → setmyndun

2. Forútfelling (*Pre-precipitation*)

Tveggja þrepa aðferð sem var þróuð í kringum 1980. Efnafræðileg meðhöndlun er sameinuð með vélrænni útfellingu í fyrsta þrepi. Það veldur því að fosfór er hægt að minnka jafnvel

um 70%. Það dregur úr álaginu á lífræna hreinsunarstiginu og sparar orku.

Ferli: 1. Grind → sandgildra → efnafræðileg meðhöndlun → setmyndun
2. Loftun → setmyndun

3. Bein útfelling (*Direct precipitation*)

Eins þreps hreinsun þar sem eru sameinaðar vélrænar og efnafræðilegar aðferðir eins og í forútfellingunni. Eini munurinn er að hér er lífrænni hreinsun sleppt.

Ferli: 1. grind → sandgildra → efnafræðileg meðhöndlun → setmyndun

4. Samtímanleg útfelling (*Simultaneous precipitation*)

Tveggja þrepa hreinsun þar sem vélrænni meðhöndlun er fylgt eftir með sameinaðri lífrænni-efnafræðilegri meðhöndlun. Frekar ódýr aðferð þar sem fosfórinnihald er minnkað án dýrra aðferða. Þessi aðferð er ekki eins öflugt og ef lífræn og efnafræðileg hreinsun eru hvor fyrir sig.

Ferli: 1. Grind → sandgildra → setmyndun
2. Loftun → setmyndun

2.2.2.1. Vélræn hreinsun

Vélræn meðhöndlun sameinar síunargrind, sandgildru og fyrstu setmyndun (G. Bylund *et al.*, 2003). Síunargrind fangar fastan úrgang. Úrgangurinn er tekinn vélrænt frá og notaður t.d. sem landfylling. Í sandgildru eru grófari hlutir teknir frá. Virknin er sú að sandur og aðrir þyngri hlutir falla til botns. Léttari efnasambönd eins og fita og önnur óhreinindi lyftast upp á yfirborðið. Botnfalli er dælt burtu og yfirborðsóhreinindi eru skafin burtu. Smáum loftbólum er blásið í sandgildruna til að koma í veg fyrir vonda lykt (G. Bylund *et al.*, 2003).

2.2.2.2. Efnafræðileg hreinsun

Í efnafræðilegri meðhöndlun er megin markmiðið að losa frárennslið við fosfór (G. Bylund *et al.*, 2003). Þvottaefnin mynda 30% af fosfatinnihaldinu og restin kemur frá klóaki og mjólkurleifum. Útfelling með járn- og álfelliefnum getur minnkað fosfórinnihald frárennslisins um allt að 100%. Í útfellingartanknum bindst óleysanlegur fosfór saman og myndar fína köggla sem mynda síðan stærri köggla sem fjarlægast við setmyndun.

2.2.2.3. Setmyndun

Við setmyndun setjast óhreinindin í frárennslinu til á botni þar til gerðs kars. Þar myndast fyrsta stigs slamm (G. Bylund *et al.*, 2003). Setmyndunarkör eru útbúin með sköfu sem skafa slammið inn í snigla sem færa það áfram (G. Bylund *et al.*, 2003).

2.2.2.4. Líffræðileg hreinsun

Í líffræðilegri meðhöndlun eru lífræn efnasambönd brotin niður með hjálp örvera (G. Bylund *et al.*, 2003). Þessar örverur þurfa að hafa aðgengi að súrefni til að geta brotið niður lífræn efnasambönd. Lofti er yfirleitt dælt inn neðan til í körin eða tankana (G. Bylund *et al.*, 2003).

2.2.2.5. Loftháð annarsstigs hreinsun

Loftháða annarsstigs hreinsun er hægt að framkvæma með (t.d. Glazer *et al.*, 1995) grjótbedda sem eru u.þ.b. 2 m á dýpt. Frárennslinu er sprautað í gegnum grjótið. Lofti er bætt í (G. Bylund *et al.*, 2003). Biofilma af örverum myndast á grjótinu sem vinnur að niðurbrotinu. Niðurbrotið verður til með oxun frárennslisins. Fullkomið niðurbrot af lífrænu efni myndar CO₂, karbónat, ammóníak, nítrat, súlfat og fosfat. Í efsta hluta grjótbeddans er að finna Gram-neikvæðar bakteríur eins og *Zoogloea*, *Pseudomonas*, *Algaligenes*, *Achromobacter* og *Flavobacterium* (Glazer *et al.*, 1995). Af Gram-jákvæðum bakteríum er aðallega að finna *coryneforms*. Helstu myglusveppir sem er að finna

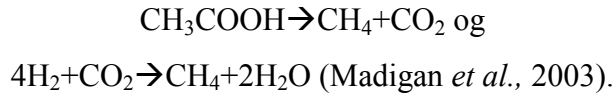
eru *Sepedonium*, *Subbaromyces*, *Ascoidea*, *Fusarium*, *Geotrichium* og *Trisporon*. Sérstakar örverur sem brjóta efnasambönd niður, sjá um niðurbrot margra lífrænna köfnunarefnasambanda og mynda ammóníak. Innar í grjótbeddanum oxa bakteríur (autotrophic nitrifying bacteria) ammóníak í nítrít (*Nitrosomas*) og síðan nitrit til nitrat (*Nitrobacter*). Frumdýr er að finna í miklu magni. Þau eru að nota hinar bakteríurnar sem næringu og viðhalda þar með réttu magni af öðrum bakteríum. Útrennsli frá grjótbeddanum er fært í tank þar sem föstu efnin er látin setjast (fita og óbrjótanleg stærri efnasambönd).

Annarsstigs loftháð meðhöndlun er hægt að framkvæma með “virkri slamm”-aðferð. Frárennsli er sett í tank þar sem það er hrært kröftulega og lofti er bætt í neðan til (Glazer *et al.*, 1995). Örverur mynda svokallað virkt slamm, sem er aðskilið seinna í ferlinu. Slímmyndandi bakteríur eins og *Zoogloea ramigera* mynda massa. Þær mynda svo aftur á móti grunninn sem frumdýr og önnur lítil dýr festast í. Stundum er að finna þráðlaga bakteríur og myglusveppi. Meðhöndlunin á frárennslinu tekur um 5-15 klst. Það er ekki nægur tími fyrir fullkomna oxun á öllu lífrænu efni. Aftur á móti nægur tími fyrir örverufrumur til að taka leysanlegt lífrænt efni. Slamminu er dældt í annan tank, þar sem það er látið setjast. Hluti af slamminu er skilið eftir í tankum sem heldur því uppi bakteríuvextinum þar. Stærsti hlutinn er sendur í loftfirrtan meltara (*digestor*) eða tekið frá og fargað (Madigan *et al.*, 2003).

Loperana *et al.* (2006) var búinn að rannsaka virkt slamm frá mjólkurbú. Það voru fleiri örverutegundir að finna en í hefbundnu virku slammi frá bæjarkerfinu, auk þess var framleiðslan á CO₂ meiri. Það bendir til þess að örverur frá virku slammi úr mjólkurbúinu séu góðar í niðurbrotinu.

2.2.2.6. Loftfirrt annarsstigs hreinsun

Loftfirrt annarsstigs frárennslimeðhöndlun inniheldur röð af niðurbrotum og gerjunum sem eru framkvæmdar af mismunandi örverum. Þessi aðferð er oft notuð fyrir frárennsli með mjög hátt BOD-gildi (t.d. Madigan *et al.*, 2003). Dæmi um slíkt er trefja- og sellulósaúrgangur frá t.d. matvælaíðnaði. Þetta er gert í stórum tönknum sem eru kallaðir slammeltarar (*sludge digesters, bioreactors*). Stærri sameindir eru fyrst brotnar niður með ensínum eins og próteösum og lípösum (**viðauki 7, mynd 1**). Niðurbrotin prótín og lípið gerjast og mynda fitusýrur, H₂, og CO₂. Fitusýrur gerjast síðan áfram í asetat, CO₂ og H₂. Þær nýtast af metanbakteríum sem nota eftirfarandi hvarf til niðurbrots (**viðauki 12, mynd 5**):



Helsta lokaafurðin er þá CH₄ og CO₂. Metan er hægt að safna saman og nota sem eldsneyti eða brenna til raforku-, heitavatns- eða gufufurframleiðslu.

2.2.2.7. Hlutleysing

Hlutleysing er til að koma í veg fyrir of hátt eða of lágt sýrustig. Bæði hátt og lágt pH truflar virkni örvera í niðurbrotsferlinu og þá geta lífræn efnasambönd færst yfir í slammið (*cell detritus*). Ef sýrustig í frárennslinu fer undir 6,5 eða yfir 10 er ekki æskilegt að hleypa því inn á bæjarkerfið, vegna þess að það étur upp leiðslur og rör. Þess vegna er oft safnað saman notuðu hreinsiefni í stóran tank, sem er nálægt þvottastöð, og er þar pH stillt sem næst 7, áður en hreinsiefnum er hleypt í hreinsistöð (G. Bylund *et al.*, 2003). Yfirleitt er það kallað pH-jöfnunartankur. Stundum jafnast pH nálægt 7. Stundum þarf þó að bæta

annað hvort brennisteinssýru, saltpéturssýru, NaOH, kolsýru eða kalki (Korrström *et al.*, 2001). Jöfnunartími er að meðaltali 9,5 klst.

2.2.2.8. Fleytibúnaður

Í fleytibúnaði er fitan og aðrar stærri samstæður, skildar frá frárennslinu. Fita getur hamið virkni baktería seinna í hreinsuninni. Hægt er að hreinsa fitu með fleytibúnaði eða fitugildrum. Fitugildru er skipt upp í deildir (*cells*) þar sem fitan flýtur ofan á. Fitunni er fleytt frá handvirkt eða vélrænt (Korrström *et al.*, 2001). Í fleytibúnaðnum er lofti blandað í frárennslid neðst í tanknum (litlar loftkúlur). Við það flýtur fitan upp á yfirborði. Fituslammið er hægt að brjóta niður loftháð, loftfírt eða með báðum aðferðum (Korrström *et al.*, 2001).

Í fleytiaðferðinni er notast við fasaskiptingu frárennslisins (Anon. (2006) Lenntech. <http://www.lenntech.com/Flotation.htm>. Uppfærsla 2004). Lítil mólékúl sem eru eðlisléttari en vökvinn fljóta upp á yfirborðið. Það eru til þrjár aðferðir:

1. Náttúrulegt fleytiaðferð

Virkar ef eðlisléttari efni eru í frárennslinu, sem fljóta þá sjálfkrafa upp á yfirborðið.

2. Fleytiaðferð

Utanaðkomandi kraftar eru notaðir til að aðskilja agnir sem eru náttúrulega fljótandi. Súrefniflæði er 100-400 m⁻³, stærð loftkúla 2-5 mm og virknitími 5-15 klst.

3. Aukin fleytiaðferð (*DAF, dissolved air flotation*)

Agnir og eðlisþyngd þeirra eru minnkuð. Það gerist með því að dæla gasi (t.d. súrefni) undir þrýstingi inn í blönduna. Þá festast agnirnar í gasinu og eðlismassi agana lækkar í hlutfalli við vökvann og því fljóta agnirnar upp á yfirborðið. Súrefniflæði er 15-50 m⁻³, stærð loftkúla 40-70 µm og virknitími 20-40 klst.

Fleytibúnaðurinn var prófaður af Redox fyrirtækinu (www.redox.com, sótt 16.1.2007). Fituskafan tók megnið af ögnum, olíu og fitu. BOD

minnkunin var 20-25% í þessu ferli og fituhlutinn minnkaði um 60-80% eftir samsetningu frárennslisins. Til að lækka BOD, COD, köfnunarefnissambönd, olíu og fitu enn frekar, var notað $Al_2(SO_4)_3$ eða $FeCl_3$, samsett með fjölliðum. Þessi efni hjálpuðu stórum ögnum að fljóta upp og hreinsast með fitusköfunni. Vandamálið var að mikið slamm myndaðist og þurrefni í slamminu var aðeins 10-15%.

Það er gefið út af framleiðenda fleytibúnarins, að hægt sé að fleyta 150 m^3 /klst. og þá myndast 1,5 m^3 af slamm á klst. með um 10% þurrefnisinnihaldi.

2.2.2.9. Fjórðastigs hreinsun

Fjórða stigs meðhöndlun er fullkomnasta hreinsunin. Hún er dýr og er því almennt ekki mikið notuð (Madigan *et al.*, 2003), en þó oft fyrir leðju sem inniheldur mikið að torleysanlegum lífrænum efnasamböndum. Fjórðastigs meðhöndlun er lífeðlis- og efnafræðileg aðferð sem samanstendur af útfellingu, síun og klóríblöndun. Aðferðin er áþekkt þeirri sem notuð er til hreinsunar drykkjarvatns. Hún minnkar greinilega ólífræn næringarefni eins og fosfat og níturat. Lokaafurðin er svo hrein að aðstæður til örveruvaxtar eru engar (Madigan *et al.*, 2003). Það kemur í veg fyrir (Glazer *et al.*, 1995) að minnkun af uppleystu súrefni í vatninu verði af völdum baktería og þörungna, hins vegar verður fosfat- og köfnunarefnisinnihald hærra.

2.2.3. Fjölliður til þykkingar slamms

Fjölliður eru langar sameindakeðjur (Masterton *et al.*, 2001), sem hafa mólþyngd frá nokkrum þúsundum til nokkurra milljóna g/mól. Fjölliður gagnast best þar sem öflug hræsla ræður. Vegna lengda sameindanna er nauðsynlegt að útbúa mjög þunnar vatnsblöndur af fjölliðunum fyrir notkun. Skömmtunarstyrkleiki er yfirleitt 0,02-0,05%.

Meðhöndlun frárennslis eða slamms með fjölliðum byggir á að smærri agnir slá sér saman í stærri agnir og með tiltölulega einföldum

aðferðum er síðan hægt að skilja þær frá (Lindvall O. *et al.*, 1998). Til að þetta takist þurfa að myndast kögglar (*flocs*) með rétta stærð og útlit. Hægt er að skipta fjölliðum í tvo flokka (Lindvall O. *et al.*, 1998). Í öðrum hópnum eru ólífræn sölt eins og járnsúlfat, járnklóríð, pólýálklóríð og kalk. Þessi efnasambönd eru þykkjandi (*flocculants*) og neikvæð hleðsla þeirra hjálpa þeim að mynda stærri köggla. Í hinum hópnum eru lífrænar fjölliður og mynda þær brýr á milli einda. Hvarfhraði þeirra er meiri en hjá ólífrænum efnasamböndum auk þess sem þær mynda stærri köggla. Það er algengt að nota blöndu af ólífrænum og lífrænum fjölliðum (*dual-system*). Þá er ólífrænum fjölliðum bætt í eins snemma og hægt er til að tryggja að þær hafi nægilegan tíma til að virka áður en lífrænu fjölliðunum er bætt í og er ástæðan sú að ólífrænar fjölliður virka ekki í návist lífrænna fjölliða (Lindvall O. *et al.*, 1998).

Dæmi um lífrænar fjölliður eru pólýakrílamíð og er þeim skipt í fjóra hópa:

1. Hlutlaus pólýakrílamíð. Samsett af akrílamíðeiningum. Nokkra akrílsýruhluta er að finna í samsetningunni til að leysa fjölliðuna betur upp í vatni. Virkni fer eftir lengd fjölliðunnar.
2. Anjónísk pólýakrílamíð. Samfjölliða sem er samsett úr akrílamíði og natríumsalti akrílsýru. Hliðarhópar hafa neikvæða hleðslu í vatni.
3. Katjónísk pólýakrílamíð. Samfjölliða sem er samsett úr akrílamíð og mismunandi fjörgildum köfnunarefniseiningum. Hliðarhópar hafa jákvæða hleðslu í vatni.
4. Amfólýtísk pólýakrílamíð. Samfjölliða sem eru samsett úr akrílamíð og mismunandi fjölda jákvæðra og neikvæðra eininga. Notuð í sérstökum tilfellum þar sem slamm inniheldur stöðug jákvætt og neikvætt hlaðin efnasambönd.

Fjölliður geta verið mismunandi hvað varðar lengd, hleðsludreifingu, hleðslu og mólmassadreifingu. Virkni fjölliða fer eftir hleðslu óhreinindanna sem þær hafa áhrif á og því er nauðsynlegt að þekkja hleðslu agna í slamminu. Sterkar fjölliður geta fest sig við hver aðra og myndað öfuga hleðslu sem óhreinindi á kring geta tengst. Virkni fjölliða, sem hafa ekki endilega andstæða hleðslu við óhreinindin, er hægt að skipta í þrennt. Í fyrsta lagi er ásogskögglun þar sem fjölliðan hefur andstæða hleðslu eða er óhlaðin gagnvart óhreinindunum. Í öðru lagi er næmiskögglun þar sem fjölliðan hefur sömu hleðslu eða er óhlaðin gagnvart óhreinindunum. Í þriðja lagi er samstæðukögglun þar sem báðar virknirnar hér að ofan koma fyrir.

Það sem hefur áhrif á virknina er stærð, hleðsla og magn agna, uppleyst efnasambönd, saltinnihald, pH, hitastig, íblöndunaraðferð, hrærsla, skerkraftar og skömmtunarstaður. Val fjölliða er byggt á tilraunum á rannsóknastofu. Uppleyst lífræn efnasambönd í vatninu, sem fjölliður eru leystar upp í, hafa einnig áhrif á virkni þeirra. Sýrustig hefur þau áhrif að þegar pH lækkar verða anjónísku hlutlausar eða katjónískar og þær óhlöðnu katjónískar. Fjölliður missa virkni fljótlega ef þær eru geymdar við hærri pH en 7. Katjónískar fjölliður geta misst virkni sína hratt, jafnvel á einni klukkustund, t.d. vegna rofs estertengja milli keðjunnar og katjónískra hliðarhópa.

2.2.4. Hreinsun frárennslis frá Mjólkursamsölunni á Selfossi

Árið 2000 voru gerðar miklar breytingar á frárennslilögnum hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi með aðgreiningu þeirra í þrjá stofna. Auk þessa er ostamysu er safnað í tank, en það er óæskilegt að hún endi í frárennsliskerfinu og er hún nýtt sem svínafóður.

Undir planinu, nálægt mjólkurbúinu, er lítill tankur þaðan sem öllu frárennslis er dælt með hraðastilltri dælu til hreinsistöðvarinnar. Í hreinsistöðinni er pH-jöfnunartankur og fleytibúnaður. Í **viðauka 8** er yfirlitsmynd (**mynd 2**) af hreinsistöðinni.

pH-jöfnunartankur tekur um 1 milljón lítra af frárennsli. Hann er um 9 m hár og þar af eru 4,5 m neðanjarðar. Súrefni er sífellt dælt í tankinn við botn hans til að tryggja loftháðar aðstæður í honum. Þegar yfirborð frárennslisins í tanknum nær 5 m hæð er helmingi þess dælt í fleytibúnað. Fleytibúnaðurinn fer í gangi fimm sinnum í viku, á virkum dögum, u.þ.b. átta klukkustundir í senn. Nái fæðivatnsdæla ekki að draga/soga sig af stað sjálfkrafa, fer vakúmdæla í gang, en sé af einhverjum ástæðum raki eða vatn í leiðslunni framan við dælu (ventil) þá slökknar á vakúmdælu. Þetta þýðir að fleytibúnaðurinn fer ekki af stað fyrir en hæðin í pH-jöfnunartanknum er orðin það há að þrýstingurinn gangsetji dælu og fleytibúnaðin. Þetta veldur því að tækin fara af stað á mjög mismunandi tíma.

Fleytibúnaðurinn er framleiddur af fyrirtækinu Redox og kallast tegund hans KWF. Hringrásdæla í tækinu bætir annaðhvort hreinsuðu vatn eða meðhöndluðu vatni inn í fleytibúnaðinn. Hringrásarvatn er þvingað undir þrýstingi (6 bar) og mettað með lofti. Afþvingunin fer af stað í fleytibúnaðinum. Þar myndast litlar loftbólur (30-60 µm að þvermáli) sem festast auðveldlega í óhreinindunum og gefa þeim flotkraft og er smæð þeirra nauðsynleg fyrir þessa virkni.

Frárennslið fer inn í fleytibúnaðinn og síðan í gegnum plötur sem glufa frárennslið. Hluti af loftbólum-/óhreinindasamsteypunum fljóta upp sjálfkrafa án þess að fara í gegnum plötturnar. Það loft/óhreinindi sem eftir eru, skilst frá vatninu í plötunum og mótstraumum.

Efst á tækinu myndast lag af slammi þar sem það þornar. Því lengur sem slammið stoppar, því þykkara og þurrefnisríkara verður það. Tíminn fer eftir því hversu hratt slammið er skafið burt, hversu mikið slamm myndast (m.ö.o. efnasamsetningu á frárennslinu) og eftir hæðinni á vatninu.

Þyngri efni falla til botns í fleytibúnaðinum og eru tekinn frá með snigli. Óhreinindinn ásamt loftbólum er fleytt ofan af og safnað saman í

slammkar. Skafan ýtir slamminu í karið og þaðan er slamminu dælt yfir í flutningstank.

Hreinsað vatn safnast í stillanlegt kar. Það er svokallað útkomumein hreinsibúnaðsins. Það er hægt að stilla vatnshæðina í karinu, en hún hefur áhrif á hlutfall milli vatns og slamm og þar að leiðandi áhrif á þurrefnisinnihald og þykkt slammisins. Þegar vatnhæðin er lækkuð þykknar slammið, þar sem fjarlægð milli vatns og slamm verður lengri. Þá eykst þurrkunartími slammisins. Aftur á móti þegar vatnhæðin er hækkuð verður þurrkunartíminn styttri og slammið verður blautara.

Hraðinn á sköfum hefur einnig áhrif á þykkt slammisins og er hann stillanlegur, því hægar því þurrara og minna slamm og því hraðar því meira og blautara slamm.

Sköfublöðin er einnig hægt að stilla til að stjórna samsetningu slammisins. Fjarlægðin frá plötunum má ekki vera of mikil, því þá vill safnast á plötunum. Það er ekki heldur æskilegt að sköfurnar skafi of djúpt og rispi plötunum.

2.2.5. Hreinsun frárennslis, Valio Oy, Herajoen meijeri

Í þessum lið er hreinsun frárennslis hjá Valio Oy, Herajoen meijeri mjólkurbúsins í Finnlandi tekið sem dæmi um hreinsun, eftirfylgni og mælingar og samþættingu við orkuvinnslu úr frárennslis. Mjólkurbúinn framleiðir aðallega jógúrtvörur og neyslumjólk.

Hreinsun frárennslis frá mjólkurbúinu er í samvinnu við bæjaryfirvöld og er um að ræða forhreinsun frárennslisins, áður en það fer inn á bæjarkerfið. Notaður er opinn jöfnunartankur með loftun og pH-jöfnun (pH 7). Þaðan er frárennslid leitt í lífræna hreinsun. Í karinu er fljótandi plaststykki og í því er að finna örverur sem sjá um niðurbrot lífrænna efnasambanda. Þar er BOD lækkað um 40%. Þaðan fer frárennslid inn á bæjarkerfið. Bærinn sér um aðalhlutann í hreinsuninni, auk minnkunar á köfnunarefnis- og fósforinnihaldi. Bærinn sér einnig um að brjóta niður slammið og safnar saman metangasi sem myndast við það.

Metangasið er síðan brennt til að framleiða raforku fyrir hreinsistöðina. Í viðhengi 9, töflu 7. er að finna dæmigerðar tölur fyrir einn mánuð auk niðurstaða þeirra mælinga sem eru framkvæmdar í hreinsistöðinni samkvæmt samtali við Jarmo Juurinen (munnleg heimild, 8.mars 2006).

2.3. Nýtingamöguleikar fyrir slamm

2.3.1 Jarðgerð

Jarðgerð er aðferð til að búa til moltu með stýðri loftháðri gerjun lífræns úrgangs. Skipta má jarðgerð í heimilisjarðgerð og iðnaðarjarðgerð. (Anon (2006) Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Composting>. Uppfærsla ágú. 2006). Þessar tvær aðferðir nota báðar sömu hugmyndafræði, en iðnaðarjarðgerð er eingöngu til umfjöllunar í þessu verkefni. Þegar niðurbrot er framkvæmt er skapað eins hagstætt umhverfi og hægt er fyrir örverur. Það sem þarf að vera í jafnvægi í umhverfinu er:

Kolefni	C
Köfnunarefni	N
Súrefni	O
Vatn	H ₂ O

Það er þó jafnvel hægt að framkvæma jarðgerð án einhverra af þessum breytum, en þá er jarðgerðin ekki eins fljótverk og einnig getur myndast ólykt vegna loftfirrts niðurbrots og gasmyndunar. Mestum hraða (Anon (2006) Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Composting>. Uppfærsla ágú. 2006) er hægt að ná með því að hafa hlutfall kolefnis og köfnunarefnis á bilinu 25-30 á móti 1 miðað við þurrefni. Besta rakainnihald er 50% og hitastig um 55°C. Ef markaðssetja skal moltuna sem jarðvegsbæti/áburð skiptir C/N-hlutfallið máli hvað næringargildi varðar.

Efnasambönd með hátt kolvetnisinnihald innihalda oftast sellulósa sem bakteríur geta notað og breytt í sykur og hita. Góðir kolefnisgjafar fyrir jarðgerð eru t.d. strá, lauf, trékurl, sag, pappír og bylgjupappi. Efni sem eru með hátt köfnunarefnisinnihald innihalda mikið af prótínum. Góðir köfnunarefnisgjafar fyrir jarðgerð eru t.d. hey, gras, korn, dýramykja (hrossa, kúa, kinda), ávextir, grænmeti og þang (Anon. (2006) Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Composting>. Uppfærsla ágú. 2006).

Ef blandað er saman mismunandi efnum í réttum hlutföllum verður jarðefnagerðin fljótvirkari. Efnasamsetning slamms frá mjólkurbúum bendir til þess að það henti vel í jarðgerð. Slammið inniheldur hátt hlutfall köfnunarefnis og fosfórs og lítið magn þungmálma. C/N-hlutfall slamms er yfirleitt lágt og rakainnihald þess tiltölulega mikið, þannig að stoðefnin sem notuð eru í jarðgerð þurfa að vera með hátt C/N-hlutfall og tiltölulega þurr (t.d. sag, pappír/pappi og trjáskurl).

Það er hægt að bæta bakteríum og sérstökum efnum í jarðgerðina. Smá viðbót af kalki getur hamið losun auka síru, sem getur hægt á æskilegri gerjun. Þang og steinaduft eru góðir steinefnagjafar.

Það er hægt að skipta aðferðum í jarðgerð, í heita jarðgerð og kalda jarðgerð. Köld jarðgerð er framkvæmd í heimilisgördum. Í báðum er notast við fyrstastigs loftháð niðurbrot. Virk eða heit jarðgerð gerir loftháðum bakteríum kleift að blómstra, drepur flestar sjúkdómsvaldandi bakteríur og gró og breytir úrgangi í jarðgerð hratt. Loftháðar bakteríur mynda minni lykt og minna af gróðurhúsagasi, en þeirra loftfirrtu keppinautar. Það er hægt að segja að svona jarðgerð sé gerilsneydd ef hitastigið fer yfir 55°C í þrjá daga eða fleiri. *Actinomyces* sem eru lykilörverur í gerilsneyðingu við jarðgerð. (Anon. (2006) Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Composting>. Uppfærsla ágú. 2006).

Til eru hönnuð kerfi fyrir iðnaðarjarðgerð (Anon. (2006) Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Composting>. Uppfærsla ágú. 2006). Þau

eru oft notuð samhliða við aðrar aðferðir. Það er hægt að tengja þau vélrænni hreinsun frárennslis og nýta síðan slammið til jarðgerðar. Einnig er hægt að bæta við loftfirrtri meðhöndlun. Þegar þessi efni eru sett í jörðu, þá brotna þau niður óháð lofti (loftfirrt) og mynda gas (metan). Besta jarðgerðin er gerð með því að hafa staðal aðstæður í meltaranum þar sem er hægt að stilla hitastig, súrefnisflæði, rakastig og annað sem við kemur.

Það er hægt að nota moltu í garða og við landbúnað. Einnig er hægt að nota það til að koma í veg fyrir jarðrof, til að stoppa vatnsstreymi, byggja upp land og binda blautt land o.s.frv. Það þarf að gefa sér nægan tíma til að mynda jarðefni. Efnið er lífrænt og niðurbrotstíminn er mislangur.

2.3.2. Bein notkun slams sem áburðar

Það er búið að vera í umræðunni síðan 1990, hvort nota megi slammið í landbúnaði sem áburð. Það er búið að kanna stöðu málsins í löndum Evrópusambandsins. Í skýrslunni (Anon, 2001) sem var gerð um þessa athugum, er aðallega talað um slammið sem fellur frá í bæjarkerfinu, en það sama gildir ekki síður fyrir slamm sem fellur til frá í mjólkurbúum. Ferskt slamm hefur verið notað sem áburður aðallega í Norður-Evrópu síðan 1990.

Það er nokkuð mismunandi hve mikil framleiðslan er á úrgangi per íbúa í löndum Evrópu. Almennt gildir að því meira sem er af köfnunarefni og fosfór í úrgangi, því meiri er þrýstingur frá almenningi um að leysa málið. Þrýstingurinn er mestur í Skandinavíu, Hollandi og í Flæmingjalandi. Það er frekar mismunandi hvort notkun er bönnuð eða leyfileg.

Það sem gerir slammið áhugavert er lágur kostnaður fyrir áburðinn og bændur eru yfirleitt jákvæðir fyrir því að nota slammið. Mesta gagnrýnin kemur frá matvælaframleiðendum. Eigendur matvælafyrirtækja eru yfirleitt jákvæðir fyrir beinni notkun á slamminu,

svo fremi sem það sé ekki notað beint á beitolönd húsdýra. Þeir eru líka oft í vandræðum sjálfir með að losa við slamm, sem fellur frá þeim sjálfum. Það þarf að taka fram, að þegar slamm er notað beint sem áburður inniheldur það ennþá mikið af örverum og er niðurbrotsferli efnasambanda ennþá í fullum gangi. Aftur á móti ef slammíð væri jarðgert, væri flestum sjúkdómsvaldandi örverum eytt við hitnun jarðgerðarinnar. Hitunin dugar þó ekki til að eyða bakteríugróum og riðupríóni (BSE).

Gerðar hafa verið athuganir á áburðareiginleikum úr fersku slammi t.d. á Spáni (Carral *et al.*, 1995-1997). Grassprettur á þremur mismunandi svæðum var borin saman:

- 1) Viðmiðunarsvæði (ómeðhöndlað).
- 2) Svæði sem borinn hafði verið á áburður (steinefni, 500 kg/ha. af 8-24-16)
- 3) Slambborið svæði

Á slambborna svæðið var sett slamm einu sinni (fyrsta árið). Síðan voru tekin sýni í júlímánuðum næstu fjögur ár. Alls voru fjögur sýni tekinn hér og þar á þessum svæðum. Þurrefnin voru ákvörðuð í þessum sýnum. Ári eftir áburðadreifingu, var gras mjög svipað á öllum svæðunum. Það var meira gras á slamm- og áburðarbornu svæðunum, samanborið við viðmiðunarsvæðið. Eftir tvö ár var staðan ennþá mjög svipuð. Slammíð hafði enn jákvæð áhrif á vöxt grassins, en áhrifin voru minni en þar sem hefðbundinn áburður hafði verið notaður. Á þriðja ári voru næringarleg áhrif slammisins engin.

Samhliða sömu rannsókn var þungmálmáinnihald í slamminu mælt (López-Mosquera *et al.*, útgefinn 2000). Slamm úr mjólkurbúum var rannsakað í Norðvesturhluta Spánar. Í slammi sem er sett beinn í náttúruna, geta verið efnasambönd sem hafa skaðlegan áhrif á náttúruna eins og þungmálm, lífræn efni og sölt. Sjúkdómsvaldandi bakteríur geta líka fundist í óverulegu magni (López-Mosquera *et al.*, útgefinn 2000). Þungmálmáinnihald er breytilegt eftir því hvaðan slammíð

kemur. Umhverfið hefur líka áhrif á þungmálma og hve mikið er af þeim. Þetta getur valdið því að mengunin frá slamminu endar í matnum okkur. Mengunin dreifist í náttúrunni t.d. með hárpípukröftum og getur dreift sér langar leiðir.

Slamm úr mjólkurbúum inniheldur lítið af málmum. Þess vegna er það mjög áhugavert hvað beina áburðarnotkun varðar. Eiginleikar í jörðinni (pH, rafleiðni, lífrænt efnainnihald, NO_3^- , P, Ca, Mg, Na, K, og Al) og þungmálma innihald plöntu (Hg, Pd, Cd, Cu, Zn, Ni og Cr) var kannað á 12 svæðum grassins. Á svæðunum var notuð mismunandi samsetning af annaðhvort einungis slammi, bara áburði eða blöndu af slammi og áburði. Mismunur á þungmálmainnihaldi var ekki áberandi. Smá munur var á Pd innihaldi sem var frekar lægri á slammsvæðum. Á svæðum þar sem slammið var borið á, í 4 ár var þungmálma innihald plöntunnar innan þeirra marka sem ESB lög segja til um.

Mörg sérstök málmþör voru rannsökuð (Ni-Zn, Ni-Cr, Ni-Cu, Cu-Cr, Zn-Cr, og Pd-Cd) bæði í slammi og jarðefnum þar sem slammið var borið á. Þar kom í ljós að slamm er mikilvægur næringargjafi af þessum efnum. Jarðsvæði þar sem slammið var notað hafði líka hærri leiðni. Það er einfaldlega vegna þess að notað er NaOH í sjálfvirkum þvottakerfum í mjólkurbúum. Salttengdar breytistærðir (K, NO_3^-) voru sérstaklega tengdar með Cr og Zn innihaldinu í plöntuvefjum. Þessar uppfindingar leiddu það í ljós að þörf væri á rannsóknum á langtímaáhrif slammis svo að hægt væri að gefa út leiðbeiningar um notkun þess sem áburðar.

Jarðupplýsingar um svæðin þar sem tilraunin fór fram, López-Mosquera *et al.* (útgefinn 2000):

Meðalhiti	11,5°C
Lágmarkshiti (meðaltal)	6,2°C
Hámarkshiti (meðaltal)	24,3°C
Meðalársúrkoma	1176 mm

Efnafræðilegt innihald á slamminu hjá López-Mosquera *et al.* (útgefinn 2000) er listað upp hér fyrir neðan. Meðal þurrefni var 30g/l. Þungmálmmainnihald í öllum sýnum var miklu lægra en ESB-reglur segja til um.

N (kg/m ³)	2,6
P ₂ O ₅ (kg/m ³)	2,4
K ₂ O (kg/m ³)	0,4
CaO (kg/m ³)	2,0
MgO (kg/m ³)	0,2
Cr (mg/kg)	15,99
Ni (mg/kg)	11,04
Cu (mg/kg)	58,55
Zn (mg/kg)	289,74
Cd (mg/kg)	0,11
Hg (mg/kg)	0,08
Pb (mg/kg)	10,05

Niðurstöður hjá López-Mosquera *et al.* (útgefinn 2000) voru að á stuttu tímabili (1-4 ár) veldur slammið ekki neinum skaðlegum áhrifum né heldur hækkun á þungmálmmainnihaldi. Samt fannst nokkur fylgni á sumum málma-pörum (Ni-Zn, Ni-Cr, Ni-Cu, Cu-Cr, Zn-Cr og Pb-Cd). Það fundust tengsl á milli Cr í jarðefninu og slamminu. Þessar niðurstöður gefa til kynna að slamm er þungmálmagefandi fyrir Ni, Zn, Cr, Cu, Pb og Cd. Slamm eykur líka sölt í jarðefninu samkvæmt rannsókn þeirra López-Mosquera *et al.* (útgefinn 2000). Það leiðir til aukinna möguleika fyrir plöntur að taka upp suma málma. Þetta bendir til þess að til lengri tíma litið safnist málmanir upp í plöntum. Þess

vegna er nauðsynlegt að fylgjast með þungmálmáinnihald til að koma í veg fyrir þungmálmauppsöfnum.

2.3.3. Slamm og jarðgerð

Flynn *et al.*, (1997) eru búnir að fá einkaleyfi fyrir samsetningu á blöndun áburðar þar sem notað er slamm frá mjólkuriðnaði. Uppfinning þeirra er tengd næringarríkum mjólkurbúsúrgang, vaxtarþáttum og áburði. Grunnhugsunin er sú að lífrænum úrgangi er blandað við slammið, auk næringarefna og þessi blanda er síðan þurrkuð og blönduð með ólífrænum efnasamböndum til að búa til áburð.

Oftast er frárennsli frá mjólkuriðnaði hreinsað í tveggja þrepa hreinsun og síðan er slamminu úðað á túnin. Það er fullt af áburðareiginleikum í þessum úrgangi, en hann hefur líka slæm áhrif á náttúruna. Næringarefnin í slamminu skolest burtu og enda í lágu grunnvatni og ám. Það veldur mengun og skemmir lífríkið í náttúrunni. Auk þess er erfitt að meðhöndla slammið, vegna þess að það inniheldur mikinn vökva (Flynn *et al.*, 1997).

Það uppgötvaðist (Flynn *et al.*, 1997) að með því að meðhöndla úrgang (vélræn þurrkun) er hægt að fá næringarrík grunnefni, sem hafa ótrúlega mikið af góðum eiginleikum hvað garðyrkju jarðgerð og áburð varðar. Það kom líka í ljós (Flynn *et al.*, 1997) að það hefur ekki skaðleg áhrif þó að úrgangurinn sé fituríkur. Það var vel hægt að búa til moltu/áburð úr slammi með öðrum efnasamböndum.

Eitt af algengustu efnum til jarðgerðar er mór sem inniheldur köfnunarefni, fosfat, kalíum og “makronutrients”. Mór er ekki algengur hér á landi nú orðið. Hann var reyndar mikið notaður til brennslu fyrr á tímum. Hægt er að nota hrossatað, fiskúrgang eða úrgang frá garðyrkjubændum í staðinn fyrir mó. Lífrænt köfnunarefni er að finna í náttúrunni í nýtanlegu formi eða í geymsluformi. Köfnunarefni færast frá geymsluformi yfir í nýtanlegt form í hvarfi sem heitir köfnunarefnis “mineralisation”. Köfnunarefni getur eingöngu verið nýtt fyrir plöntur

þegar það er í nýtanlegu formi. Inni í lífrænum vaxtarþáttum er mest af köfnunarefni í nýtanlegu formi og hraðinn á hvarfinu (mineralisation) er mikilvægari en heildarmagn köfnunarefnis.

Flynn *et al.*, (1997) notuðu í fyrstu tillrauninni slamm með þurrefnisinnihaldi 20-30%. Hægt var að bæta út í slammíð trékurl, mó og ligníni. Trékurl virkar eins og lífræn sía (*biofilter*) í þessu tilfalli. Það dregur í sig ammóníak og eittraða rotnunarlykt eins og vetnissúlfíð (Flynn *et al.*, 1997). Mór eða t.d. hrossatað virkar sem pH buffer, sem lyktareyðir og einnig til að halda raka í sér. Mór er oft notaður vegna mikilla “loftganga” í honum (Flynn *et al.*, 1997). Lignín er notað til að bæta áferðina á úrganginum og líka til að bæta C (kolvetni). Slamm og trékurlsblandan var jarðgerð með brúnkolum/surtarbrandi og mó. Rakainnihald og aðrir efna- og eðlisfræðilegir eiginleikar í slamminu og trékurlinu skipta máli og af því ræðst hve miklu er bætt í af hrossataði, fisksúrgangi eða garðyrkjuúrgangi. Stöðluð uppskrift blöndunnar er svona þegar mó og surtarbarði eru skipt út vegna íslenskra aðstæðna (Flynn *et al.*, 1997);

Slamm	40%
Trékurl	20%
Hrossatað, fiskúrgangur, garðyrkjuúrgang.	40%

Moltan er tilbúin þegar hitastig nær jafnvægi. Þegar jarðgerðarefnunum var snúið og hitastig fór ekki lengur yfir 43°C á innan við 72 klst, þá var moltan tilbúin. Hægt væri að nota jarðgerðargáma eða tanka og þá tekur ferlið styttri tíma (Flynn *et al.*, 1997). Tíminn fyrir “opna” jarðgerð er 4-10 vikur.

Önnur tillaga að blöndun/framleiðslu á áburði hjá Flynn *et al.*, (1997) var fyrir næringaríkan áburð. Slamm var þurrkað í 90% þurrefnisinnihald. Innihald í þessu þurrkaða slammi er að meðtali: köfnunarefni 6,6%, fosfat 6,0% og kalíum 1,0%. Til að mynda góðan

áburð fyrir landbúnað, er æskilegt að bæta eftirfarandi efnum við (N, P og K) (Flynn *et al.*, 1997). Þessi áburður hefur miklu meira næringagildi, en þegar áburður er framleiddur úr úrgangi frá bæjarkerfum (Flynn *et al.*, 1997).

2.3.4. Niðurbrot með örverum í jarðgerð

Jarðgerð gerist í nokkrum stigum. Á vefsíðunni www.css.cornell.edu er greint frá virkni jarðvegsörvera. Sá umhverfisþáttur sem skiptir mestu máli við niðurbrotið er hitastig.

Flokka má jarðgerð í tvennt með tilliti til hitastigs, þ.e. miðlungshitakært (mesophilic) og hitakært (thermophilic) auk lokastigs sem er kæling (margra mánaða kæling og þroskunartími).

Það eru mismunandi bakteríur sem eru til staðar og þær vinna á mismunandi stigum. Í fyrsta stiginu eru það miðlungshitakærar bakteríur sem brjóta niður uppleysanleg og auðniðurbriótanleg efnasambönd. Við efnaskiptin losnar varmi og smám saman hækkar hitinn í hráefninu (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006). Þegar hitastigið nær 40°C dragast flestar miðlungshitakærar bakteríur í hlé og hitakærar bakteríur taka smám saman yfir. Þegar hitastigið nær yfir 55°C drepast flestar sjúkdómsvaldandi bakteríur. Ef hitastigið fer upp í 65°C eða yfir er hætt á að hin virka hitakæra örveruflóra fari að drepast líka. Þess vegna er hitastiginu í jarðgerð haldið undir 65°C með því að bæta við lofti eða hræra í hráefninu. (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006). Þess þarf þó að gæta, að ef við notum úrgang frá matvælavinnslu til jarðgerðar, samkvæmd ESB reglugerðinni, er krafa að hitastig við jarðgerðina fari í a.m.k. 70°C í eina klukkustund til að sótthreinsa og drepa sjúkdómsvaldandi bakteríur. Hitakæra örveruflóran er mjög öflug í að brjóta niður prótín, fitu og flókin kolvetni eins og sellulósa og hemisellulósa. Þegar þessi orkuríku efnasambönd eru að vera búin í jarðgerðarblöndunni, þá lækkar hitastigið við jarðgerðina. Að lokum nær miðlungshitakæra örveruflóran sér á strik aftur og framkvæmir

lokaskrefin í ferlinu sem er “verkun” og þroskun (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006).

Jarðvegur og jarðgerð er mjög mismunandi, m.t.t. örveruflóru (t.d. Adams *et al.*, 2004). Mismunandi jarðefni hafa sína einkennandi örveruflóru. Það getur verið mismunandi hvað þar er að finna t.d. bakteríur, myglusveppir, frumdýr og/eða þörungar. Jarðvegur er þó yfirleitt mjög ríkur af örverum og margar mjög nytsamlegar örverur hafa einangrast úr jarðvegi, sem hafa nýst okkur í líftækni. Sem dæmi má nefna *Penicillin* sveppi sem framleiða sýklalyf og margar bakteríur sem framleiða sýklalyf, ensím, amínósýrur, vítamín og aðrar vörur fyrir bæði lyfja- og matvælaíðnað. Jarðvegsbakteríur taka þátt í endurvinnslu af lífrænum og köfnunarefnisríkum efnasamböndum, sem eru nauðsynleg fyrir jarðveg til að stuðla að vexti planta. Þessi hæfileiki þeirra veldur því einnig að þær geta skemmt matvæli ef þær komast í þau.

Bakteríur mynda upp í 80-90% af þeim milljörðum örvera sem er að finna í jarðgerðarefni. Þær bera að mestu leiti ábyrgð á niðurbroti efnasambanda og upphitunina við jarðgerðina. Þær eru stærsti og fjölbreytilegasti hópurinn, sem getur brotið niður lífræn efni og notað til þess fjölmarga ensím (s.s. proteasa og lipasa) (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006).

Bacillus-tegundir eru oftast ráðandi í jarðgerð og eru með mestu virkni við 50-55°C sem fer svo minnkandi með hærri hitastigi. Þá byrjar *Bacillus* að mynda gró (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006).

Lokastig jarðgerðarinnar er kæling og þroskun. Því lengri tíma sem þetta tekur, því fjölbreytilegri er bakteríuflóran. Oft finnast gró í jarðefninu sem er að kólna (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006). Grómyndun er mjög gagnleg fyrir jarðvegsbakteríur vegna þess að það getur verið mjög mismunandi hvernig aðstæður eru í jarðveginum hvað varðar vatn, næringu og hita (Madigan *et al.*, 2003). Jarðvegur skapar

líka keppni milli baktería (t.d. Adams *et al.*, 2004) og aðstæður í jarðvegi eru oft fljótar að breytast.

2.3.4.1. *Bacillus*

Ferdinant Cohn (1828-1898) hafði áhuga á hitaþolnum bakteríum og rannsóknir hans leiddu til þess að hann fann *Bacillus*-tegundir (t.d. Madigan *et al.*, 2003). Í framhaldi þess uppgötvaði hann grómyndun. *Bacillus* myndar t.d. gró þegar lykilnæringarefni eins og köfnunarefni eða kolvetni er af skornum skammti.

Bacillus er staflaga, grómyndandi, Gram-jákvæð baktería með lágt GC-hlutfall. *Bacillus* er loftháð eða kjörfrjáls. GC-hlutfall er mjög breytileg (Madigan *et al.*, 2003). Sumar *Bacillus* tegundir þola frekar mikið af basísku umhverfi (Madigan *et al.*, 2003). Mest rannsakaðar af þessum bakteríum eru einmitt “alkaphiles” (Madigan *et al.*, 2003). Aðalvandamálið fyrir þessar bakteríur er að þær geta ekki myndað orku með öndun og yfirborðsspennu yfir frumuhimnu (proton motive force). Það hefur komið í ljós að þær (Madigan *et al.*, 2003) nota Na^+ í stað yfirborðsspennu yfir frumuhimnu til að mynda orku. Gram-jákvæðar bakteríur, nota við genaafritun bælingu til að stilla af framleiðslu prótína og aminosýruvirkni.

Bacillus vex vel á æti þar sem er nóg af kolefni sem næringarefni (Madigan *et al.*, 2003). Kolefnisgjafar þurfa að vera margir og mismunandi. Margar *Bacillus* bakteríur mynda vatnsrjúfanlega utanfrumuhvata, sem brjóta niður flókin sambönd eins og fjölsykrur, kjarnsýrur, lípíð og gerir með því þessi efni aðgengileg sem næringargjafa (Madigan *et al.*, 2003). Margar *Bacillus* tegundir mynda sýklalyf og dæmi um það er bacitracin, polymycin, tyrocidin, gramicidin og circulin. Í flestum tilfellum er sýklalyfjaframleiðslan tengd við grómyndun (Madigan *et al.*, 2003).

Bacillus notar afnitrún (denitrification) (Madigan *et al.*, 2003) til að mynda N_2 . Efnahvarfið er að finna í **viðauka 10, mynd 3**. Fyrstastig

hvarfsins gerist við loftháðar ástæður vegna tilvist “nitrate reductase” og þarf þessi ensím súrefni til að myndast. Í loftfirrtum aðstæðum þarf að vera til staðar níturat áður en þessir ensím verða virkir. Ólífræn köfnunarefnissambönd eru eitt af algengustu oxandi efnasamböndum í náttúrunni (Madigan et al., 2003). Mest í náttúrunni er að finna ammonía og níturat. Hvarfefnin og lokaafurðin eru allt saman í gasformi og geta þau því auðveldlega losað út í andrumsloftið. Í niðurbrotinu er þetta gagnlegt, vegna þess að afníturun breytir NO_3^- í N_2 , sem stillir ofvöxt þörunga. Þetta getur valdið vandræðum ef það er verið að búa til áburð með köfnunarefni og það rignir mikið. Áburðurinn verður þá undir rigningavatni og myndast þá loftfirrtar aðstæður, sem valda því að *Bacillus* hefur góðar aðstæður til að lifa.

2.3.4.2. Thermus-tegundir

Hæsta hitastig við jarðgerð er um 70°C en við svo hátt hitastig er mjög algengt að finna bakteríur innan ættkvíslarinnar *Thermus*. Þessar bakteríur voru fyrst einangraðar úr heitum hverum í Yellowstone National. Annar staður þar sem svona háhitakærar bakteríur geta hafst við og þróast er í neðansjávarhverum, dýramykju og samansöfnuðum plöntuleifum sem hafa jarðgerðaeiginleika (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006).

Thermus ættkvíslin inniheldur hitakærar, bakteríur sem brjóta niður margvísleg lífræn efni (chemoorganothroph). *Thermus*-bakteríur eru Gram-neikvæðar. Þær hafa sjaldgæft form af peptidoglycan (Madigan et al., 2003) þar sem aminosýran ornithine kemur í stað diamonipimelic sýru í muramic sýrukrossbrúm í frumuvegg bakteríunnar en þetta eykur til muna hitaþol bakteríunnar. Margar *Thermus* tegundir lifa loftháðar. Til orkugjafar nota þær efni eins og sykrur, aminosýrur, lífrænar sýrur og mismunandi blöndur af þeim.

2.3.4.3. Actinomycetes

Actinomycetes eru þráðlaga og tilheyra hópi Gram-jákvæðra baktería. Innan ættarinnar eru t.d. ættkvíslirnar *Streptomyces* og *Actinomycetes* (t.d. Madigan *et al.*, 2003). Um er að ræða mjög breiðan hóp baktería, en eitt megineinkenni er greinóttur vöxtur sem svipar mjög til vaxtar myglusveppa. Eins og aðrar bakteríur vantar þær kjarna, en þær vaxa í fjölfrumulengjum eins og myglusveppir. Flestar *Actinomycetes* mynda líka gró. Flestar eru með GC-hlutfall ca. 63-78%. Lífverur í þessum hópi, eru með þeim sem eiga hæst þekkta CG-hlutfall. Ættfræðilega eru þráðlaga *Actinomycetes* skyldur hópur innbyrðis en þráðlaga vöxtur og grómyndunarhæfileiki er notaður við greiningu og flokkun þessara baktería. Eitt megineinkenni *Actinomycetes* er moldarlykt sem myndast við efnaskipti hennar í náttúrunni. Margar *Actinomycetes* er að finna í andrúmslofti (Adams *et al.*, 2004). Þær spila lykilhlutverk í því að brjóta niður flókin lífræn efnasambönd eins og sellulósa, lignin, kítín og prótín. Hvatar þeirra veita þessum bakteríum þann hæfileika að brjóta niður pappír, bylgjupappa og trékurl.

Sumar tegundir eru hitakærar og aðrar eru mikilvægari í kælingarstigi jarðgerðarinnar. *Actinomycetes* mynda langa, þráðlaga greinar sem líta út eins og kóngulóanet sem er að skríða í gegnum jarðefnin. (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006). Fáar tegundir þola síðasta stigið við framleiðslu á mold.

2.3.4.4. Myglusveppir

Myglusveppir er mjög algengir í niðurbroti efnasambanda og tilheyra hópi heilkjörnunga. Margar sveppir geta einnig brotið niður sellulósa. Þeir sjá um að brjóta niður plöntuleifar og þar að leiðandi margar flóknar plöntufjölliður í skógarbotni (t.d. Madigan *et al.*, 2003). Sveppum er gróflega skipt í tvo hópa, þ.e. myglusveppi og gersveppi. Í jarðgerð eru sveppir mikilvægir vegna þess að þeir brjóta niður rusl í föstu formi og gera það aðgengilegra fyrir bakteríur. Við vöxt

myglusveppa mynda frumurnar þræði sem verða sjáanlegir með berum augum (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006). Flestir myglusveppir eru flokkaðir sem rotverur (saprophytes) vegna þess að þeir lifa á deyjandi eða dauðum frumum og brjóta niður lífrænt efni í dauðum dýrum og plöntum (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006).

Myglusveppir eru algengir bæði í miðlungshita- og háhitaskrefum jarðgerðarinnar. Myglusveppir eru loftháðir. Þeir mynda yfirborðsvöxt sem getur verið sýnilegur sem gráar eða hvítar kólóníur en þeir geta einnig myndað gró á yfirborði sem ekki er unnt að sjá með berum augum (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006).

2.3.4.5. Frumdýr (Protozoa)

Frumdýr er einfrumu heilkjörnungur, sem finnast oft í vatnsdropum í jarðgerð, en hlutverk þeirra er mun minna en annarra örvera þar. Þeir fá sína næringu úr lífrænum efnum á svipaðan máta og bakteríur, en vaxa oft á bakteríum og sveppum (N. Trautmann & E. Olynciw, 2006). Þeir nærast (t.d. Madigan *et al.*, 2003) aðallega með það að gleypa í sig aðrar frumur, þ.e. frumuát (phagocytosis).

Flest frumdýr eru hreyfanleg en margar ættkvíslir eru til innan þessa flokks í náttúrunni. Sum frumdýrin eins og t.d. svipudýr (*flagellates*), eru á svipuðum stað í ættartrénu, en önnur eins og t.d. bifdýr (*cilicates*) sem eru meira dreifð. Slímsveppir (t.d. Madigan *et al.*, 2003) líta út eins og frumdýr því þeir eru hreyfanlegir og þá vantar frumuvegg. Slímsveppir eru öðruvísi en frumdýr af því leiti að frumur þeirra mynda fjölfrumuform sem er kallað “Fruiting body” og þar eru gró mynduð sem svífa auðveldlega í lofti sem er leið lífverunnar til að dreifa sér.

Algengar tegundir meðal frumdýra eru *Amoeba*, *Paramecium* og *Trypanosoma*. Sum frumdýr er að finna í jarðvegi og á loftháðum stöðum.

2.3.5. Metangasframleiðsla

Metan myndast við niðurbrot á lífrænum úrgangi. Gastegundin hefur 21 sinnum meiri gróðurhúsaáhrif en koldíoxíð, CO₂, ef því er slepp út í andrúmsloftið. Metan hefur verið framleitt úr haugagasi á Íslandi síðan 1997 á sorpurðunarstaðnum í Álfsnesi. Þaðan er metangasi dreift á nokkrar dreifingarstöðvar á höfuðborgarsvæðinu og það notað sem eldsneyti á bíla. Hauggas er blanda metans, koldíoxíðs og örfárra annarra lofttegunda í litlu magni. Í Álfsnesi er hlutfall metans 55%, koldíoxíðs 42% og annarra lofttegunda 3%.

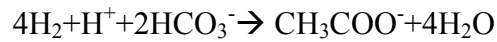
Metan er framleitt af örverum við loftfirrtar aðstæður þar sem CO₂ er eini rafeindaviðtakandinn (án súrefnis, nitrats og sulfats) (Glazer *et al.*, 1998). Metanmyndandi örverur eru allar í ættinni *Archaea*. Framleiðsla á metan úr lífrænum efnum (úrgangi) er skipt í þrjú stig:

1. Vatnsrof (e. hydrolysis)
2. Sýrumyndun (e. acidogenesis)
3. Metanmyndun (e. methanogenesis)

Við vatnsrof eru kolvetnin brotin niður í minni hluta (fjölsykrur → einsykrur). Fyrst eru öll kolvetni, sem er að finna utan frumu, brotin niður með vatnsrofi. Algengasti kolvetnisgjafinn í náttúrunni er sellulósi (pappír, tré og bómull), sterkja (plöntur, matvæli), pektín (plöntur) og xylan (plöntur). Nú til dags er kolvetni notað fyrir breiðan hóp af fjölhydroxylated aldehyð og keton sem eru almennt kallaðar sykrur (McMurry, 2003). Brennsla kolvetna gefur CO₂, H₂O og varma (Holum, 1997). Margir myglusveppir geta brotið niður sellulósa og eru það sömu myglusveppategundir og er að finna við jarðgerð (Madigan *et al.* 2003). Það eru færri bakteríutegundir sem geta brotið niður sellulósa, en dæmi um þær *Sporocytophaga* og *Cytophaga*, clostridia og actinomycetes. Sellobiose-β-1,4-diglúcase er aðal afurðin við niðurbrot á sellulósanum og eru til fleiri örverur sem geta brotið þennan einlið niður. Sterkja er brotin niður af mörgum myglusveppum og örverum (Madigan *et al.*, 2003). Þessar örverur þurfa að hafa hvata, sem heitir

amylasi, til að geta brotið sterkjuna niður. Lokaafurðin við vatnsrof, CO₂, er síðan notað af sýrumyndandi bakteríum.

Koldíoxíð er algengt í loftfirrtum ástæðum. Til eru tveir hópar dreifkjörnunga sem nota það til orkugjafar með sýrumyndun (acetogenesis). Þeir eru *homoacetogenes* og *methanogenes*. Vetni er aðal rafeinda gjafinn. Homoacetogenesis notar efnahvörfin sem er



Við sýrumyndun er flóknnum lífrænum fjölliðum eins og kolvetni, fitu og prótíni breytt í rokgjarnar (stuttar keðjur) fitusýruna, alkóhól og ketón. Fitusýrurnar eru síðan gerjaðar í asetat, koldíoxíð og vetni. Við þessi hvörf er mismunandi hvaða efnasambönd koma í stað H₂ og fer það eftir örverutegundum. Dæmi um annað er sykrur, aminosýrur, alkóhól og köfnunarefnisbasar. Homoacetogenes breyta CO₂ í asetat, vatni og vetni í acetyl-CoA ferli. Sjá **viðauka 11, mynd 4**. Acetyl-CoA ferli er ekki hringferli. Eitt mólekúl af CO₂ er afoxað sem metylhópur í asetat og annað mólekúl af CO₂ er afoxað í karbónylhóp. Þessir tveir hópar enda svo á því að mynda acetyl-CoA. Lokaafurðin við sýrumyndun, H⁺, er síðan notað af metanmyndandi bakteríum til að framleiða orku.

Í metanmyndun (methanogenesis) er metan framleitt af loftfirrtum *Archae* bakteríum. Ferlið er sýnt í **viðauka 12, mynd 5**. Tegundir sem finnast hér eru *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus* og *Methanosarcina*. Ferli í metanmyndun er að finna á myndinni fyrir neðan og er þar einnig að finna hvata sem taka þátt í efnahvarfinu.

Hægt er að nota þrens konar aðferðir við framleiðslu metans.

1. Meltari sem er vélræn aðferð í tönkum. Hægt að framkvæma sem votvinnslu (þurrefni <15%) eða þurrvinnslu (þurrefni 20-40%). Góða tækni og reynslu þarf til. Gasframleiðslan er góð og gæði gassins eru einnig góð. Ókosturinn er að tækjabúnaður er dýr, umfangsmikill og ferlið er viðkvæmt.

2. Orkuhleifur (þurr lotuvinnsla) sem er framkvæmd er í stórum hleifum sem eru lokaðir í 6-12 mánuði. Raka- og hitastigi er stjórnað. Hleifurinn er grafinn upp eftir 6-7 ár. Aðferð er einföld, mikið magn af úrgangi kemst fyrir og gasframleiðslan er ágæt. Til þessa er reynsla af notkun orkuhleifa takmörkuð og vinnslutíminn er auk þess langur. Annar ókostur er krafa um stórt landsvæði.
3. Innseytlunaraðferðir þar sem fasta efnið er aðskilið og vatnshlutinn er látinn meltast undir loftfirrtum ástæðum.

Metan hf. á Íslandi hreinsar metan úr gasblöndunni með aðferðinni sem heitir “Scrubber” eða þvegilsaðferð. Einnig er hægt að hreinsa metan með “PSA” (Pressure Swing Absorption) eða á íslensku sogsaðferð. Þriðja aðferðin er “Membrane” eða á íslensku himnusíunaraðferð. Þvegilsaðferð felst í því að metan, CH_4 , er aðskilið frá öðrum lofttegundum með vatni, við þrýsting sem er c.a. 30 bör. Eftir það er metanið þurrkað (daggarmark -30°C) og þjappað á flöskur með þrýstingi upp á 260 bör. Við síðasta stig hreinsunar er sett í metanið lyktarefni svo það sé hægt að finna út ef metanlagnir leka t.d. í ökutækjum. Hreinleiki metansins er um 95-98%. Þrýstingur á eldsneytisgeymum ökutækjum er líka töluverður og er hámarkið 200 bör. Þegar metan myndast við niðurbrot lífrænna efna er það eiginlega mjög náttúrulegt hvarf. Niðurbrot lífrænna efna er í raun bundið sólarorku. Þar af leiðir að þegar metani er umbreytt í koldíoxíð (með bruna) skilast það sem CO_2 í andrúmsloftið sem plöntur þurfa svo að vinna úr andrúmsloftinu.

Metangas er hægt að nota á ýmsan hátt eins og t.d. við rafmagnsframleiðslu. Það er hægt að nota gas sem orkugjafa í iðnaði, en það krefst þess að fyrirtækin séu í nálægð við metangasframleiðsluna. Dæmi um þetta hér á landi er samstarfsverkefni Metans hf. og Borgarplasts hf. Hinsvegar, er hér notað líka metangas sem ökutækjaeldsneyti. Í útlöndum er metan líka notað í upphitun húsa

og er það gert með því að nota metan til að hita vatn. Notkun metangas sem ökutækjaeldsneyti er umhverfisvænt.

2.3.6. Lífdísill

Það er hægt að framleiða sjálfbært eldsneyti, lífdísil, úr úrgangsfitu. Lífdísill er notaður á dísilbíla. Það er ekki hægt að nota 100% lífdísill úr dýrafitu þó algengast sé að notuð sé jurtaolía. Algengustu blöndunarhlutföllin eru 5%, 10% og 20%. Það þarf ekki að breyta dísil ökutæki þegar lífdísill er notaður. (Þórhildur Kristjánsdóttir *et al.*, 2006). Það er ekki æskilegt að hafa mikil óhreinindi í fitunni sem notuð er til að framleiða lífdísill. Mikið af óhreinindum valda því að botnfall myndast og síurnar í ökutækjum stíflast. Slamm hefur frekar lága fituprósentu, svo eitt og sér hentar það ekki til lífdísilframleiðslu. Auk þess krefst framleiðslan formeðhöndlunar (hreinsunar).

Kostir lífdísils úr úrgangi eru að fita er endunýtt og gefur af sér dýrmætt hráefni. Það er endurnýtanlegt eldsneyti sem dregur úr losun á gróðurhúsalofttegundum. Lífdísill hefur betri smureiginleika en hefðbundin jarðefnadísilolía. Það losnar minna af kolmónoxíði, súlfötum og sótögnum við bruna lífdísilolía en annars eldsneytis (Þórhildur Kristjánsdóttir *et al.*, 2006). Gallar lífdísils eru að það myndar kristalla og stíflar síur við lágt hitastig (<5°C) og þess vegna þarf að nota hreyfilhitara í köldu loftslagi. Það er minni orka og meiri segja í lífdísil en í hefðbundinni dísilolíu. Lífdísill er alkóhólester.

Í framleiðsluferli lífdísils er um að ræða hvatað efnahvarf alkóhóls og olíu (eða fitu). Framleiðsluhvarf lífdísils er kallað umestrun (*transesterification*) (Þórhildur Kristjánsdóttir *et al.*, 2006).

Umestrunarhvarfið er að finna í **viðauka 13, mynd 6** (Þórhildur Kristjánsdóttir *et al.*, 2006).

2.3.7. Kjötmjöl

Fyrirtækið Kjötmjöl, staðsett 10 km austan Árborgar, framleiðir mjöl til útflutnings. Mjölið er gert úr kjötleifum, beinum, innyflum, sinum,

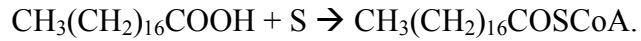
afskurði og öðru sambærilegu efni frá kjötvinnslum. Hráefnið er fyrst soðið í 1 klst við 100°C, síðan er þrýstingur hækkaður í 2 bör og kjötúrgangurinn soðinn í 20 mín við 137°C. Gufa er notuð óbeint við þurrkun. Niðurstaðan eru tveir fasar, fita og mjöl. Mjölið er selt til Asíulanda sem dýrafóður. Fitufasinn er brenndur og notaður til gufuframleiðslunnar. Fitufasinn er oftast ekki nægur til þess arna, og er höfð svartolía til vara. Hægt væri að nota fitufasann til að framleiða lífdísil. Prótín er mjög eftirsótt hráefni í þetta ferli og væri slammið úr mjólkurbúinu, því líklega mjög gott hráefni í framleiðsluna.

2.3.8. Annað: Bactivator

Það er mögulegt að brjóta lífræn efni í slammi enn frekar niður. Sem dæmi um mögulegan búnað til slíks er svo kallaður Bactivator frá fyrirtækinu MegaLab. Tæknin byggir á því að “réttum” örverum (13 tegundir, djúpfrystar) er skammtað í frárennslið og þær láttnar brjóta niður og nærast á efnasamböndum sem eru í slamminu. Örveruflóran getur verið mismundi eftir notkunarviðum. Efnasamböndum er breytt af örverum í lífmassa, vatn og koldíoxíð. Það sem eru takmarkandi við þessar örverur, er að þær þola ekki frost, þær deyja þegar næringin er búinn og þær þola takmarkað sýrustig (pH 4-10). Til að geta brotið niður fitukennt slamm, þarf að hafa rétt magn af réttu örverunum. Við niðurbrotið skiptir líka máli hverskonar fitu er um að ræða. Þegar fitan er fljótandi festist hún ekki innan á frárennislögnum. Stigin í fituniðurbroti eru:

1. Fitusýrur eru brotnar í sundur.
2. Glyseról er notað af bakteríum sem kolefnisgjafi. Það er brotið fullkomlega niður í glycolysis.
3. Bakteríur afvetna mólakúl. Mettuðum mólakúlum er breytt í ómettuð. Til dæmis sterínasýl ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COSCoA}$) er breytt í oleinasýl ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COSCoA}$) en við það lækkar bræðslumark efnisins.

Til að asýlering verði bindur sterínsýra brennistein úr vatni, m.ö.o. til að sterínasýl myndist þarf að binda fría brennisteinssýrusameind úr frárennslinu. Hvarfið er:



4. Sameindin er síðan stytta um tvö kolefnisatóm. Meiri brennistein er síðan notaður til að mynda fleiri Acetyl-CoA, sem er síðan brotinn niður í CO₂, H₂O og lífmassa. Þetta hvarf gerist aftur og aftur tvö kolefnisatóm í senn þangað til ein eða engin kolefnissameind er eftir af fitunni. Þessar stuttu keðjur eru vatnleysanlegar og eru þá ekki eins mikið til vandræða í náttúrunni og umhverfinu.

Yfirleitt er það ekki sjálf fitan sem veldur vandræðum í frárennslinu, heldur eru það efnasambönd og þvottaefni ásamt yfirborðsvikum efnum sem koma í veg fyrir að fitan brotni niður eða að hún verði aðgengileg fyrir örverur.

3. Efni og aðferðir

3.1. Örverugreiningar í slammi

Standard Plate Count agar (PC) var notað til að rannsaka heildargerlamagn í slammi. Það er æti sem er mikið notað í mjólkuriðnaði við daglegt gæðaeftirlit (http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=CM0463&sec=&org=&c=UK&lang=EN uppfærsla 2001-2007).

E.coli chromogenic agar var notaður til að greina fjölda *Escherichia coli* baktería í slamminu. Þessi aðferð er oft notuð þegar *E.coli* er einangrað frá öðrum kóliformuðum bakteríum. Aðferðin gengur út á að nota β -glucuronidase-hvatavirkni til að flokka bakteríurnar. (http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=CM1046&sec=&org=&c=UK&lang=EN, uppfærsla 2001-2007).

MLGA agar er Membrane Lactosa Glucorinide Agar, sem er tilvalinn til að rannsaka hvort *E.coli* er að finna. Laurýlsúlfat er notað í þessum agar til að koma í veg fyrir vöxt Gram-jákvæðra baktería. (http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=CM1031&sec=&org=&c=UK&lang=EN uppfært 2001-2007). **Blood agar** (BAP) er blóðagar sem í vex mikið magn baktería. Hann inniheldur 5-10% blóð úr spendýri (kind). Agarinn er notuður til að rannsaka α -, β - og γ -hemólýsu sjúkdómsvaldandi örvera. Það þarf að hafa nokkra reynslu til að geta þekkt bakteríukólóníurnar á agarnum. Notaðar eru greiningartöflur og smásjá við að greina bakteríukólóníur. (http://en.wikipedia.org/wiki/Agar_plate#Blood_agar_types, uppfærsla 5.apríl 2007)

Til að greina almennt kólfínnihald í slammi var notaður **Violet Red Bile Lactosa Agar (VRBLA)**. Hann er mjög mikið notaður til að rannsaka kólí- og saurkólíabakteríur. Þessi agar er mjög hentugur þegar kólíabakteríurnar eru loftháðar. (<http://www.oxid.com/UK/blue/msds/getMSDS.asp?pr=CM0107&ph>

=3&c=UK&lang=EN, úppfært 2001-2007).

Til að rannsaka **Listeríu** var notast við Listeria Rapid Test frá Oxoid (http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=FT0401&sec=&org=&c=UK&lang=EN uppfærsla 2001-2007). Niðurstöður liggja fyrir eftir 43 klst.

Salmonella var greind með profukiti, sem heitir Salmonella Rapid Test frá Oxoid. Sýnið er forræktað í þynningarvatni (Pepton Water). Síðan er sýninu sáð út í ræktunarílát, sem inniheldur efnabætt æti fyrir salmonellubakteríur. Í ræktunarílatinu eru tvær túbur. Báðum túbunum eru skipt í efri og neðri hluta. Í neðri hlutanum er sérstakt æti fyrir salmonellu. Í efri hlutanum er æti sem breytir lit ef um salmonella er að ræða. Salmonella getur sogast í gegnum þessa tvo hluta á túbunum. Milli efri og neðri hlutans er gljúpur hluti. Þessi profuaðferð rannsakar hreyfanlegar salmonellutegundir en greinir ekki þær tegundir sem eru óhreyfanlegar

(http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=FT0201&sec=&org=&c=UK&lang=EN uppfærsla 2001-2007).

3.2. Fjölliður

Fennopol vörur frá fyrirtækinu Kemira eru fjölliður í duftformi (*granulated*) og þær þarf að leysa upp í vatni fyrir notkun. Búnar voru til 0,05-0,20% blöndur. Prófuð voru fjögur mismunandi pólýakrýlamíðsýni, tvö katjónísk og tvö anjónísk. Í **viðauka 14, myndir 7-13** er að finna niðurstöður og myndir af framkvæmd tilraunarinnar.

Almennt:

- Hvert og einasta duftkorn var bleytt til að koma í veg fyrir kekki í lausninni.
- Það var haft í huga að geymsluþol lausnanna var 24 klst.
- Það þurfti að stilla pH kranavatnins sem notað var, fyrir allar tegundir fjölliða. Notaður var pH-mælir og brennisteinssýra.

Tæki og áhöld:

- Einnota hanskar
- Hitaplata (20-40°C)
- Segulhræra og segull
- Mæliglös (100 ml)
- 6 stk. bikarglös (100 ml)
- Einnota plasticskeiðar
- Myndavél
- Skriffæri og skeiðklukka með hringitóni
- Pípetta og pípettuoddar (50-100 µl)
- Heimilissigti

Blöndun fjölliðablanda:

	0,05%	0,15%	0,20%
Fjölliða (g)	0,025	0,075	0,100
Fjölliða (mg)	25	75	100
Þynningarvatn (g)	50	50	50

- Þyngd dufts og rúmmál þynningarvatns var mælt.
- 1/3 hluti þynningarvatns var settur í blöndunarílát ásamt segli til segulhrærslu. Hrærsla var sett í gang.
- Dufti var dreift í blöndunarílátíð í litlum skömmtum. Þynningarvatni var bætt út í á milli duftskammta.
- Hrært þangað til duftið var alveg uppleyst (60 mín.). Skeiðklukka notuð.
- Ath. eftir þetta var reynt að koma í veg fyrir auka hrærslu á fjölliðublöndunni.

Prufuáætlun og blöndun fjölliða í slammið

- Þurrefnisinnihald slamsins var mælt.
- Notað slamm var vigtað og þynnt með vatni.
- Fjölliðum blandað saman við þynnt slammið, samkvæmd áætlun (sjá viðauka 15, töflu 8).
- Hrært var í með skeið (í um 5 sek.).
- Fylgst var með aðskilnaði sýna.

- Vatn var aðskilið frá með því að sía í gegnum heimilissigti.
- Slammið var vigtað.
- Þurrefnisinnihald var mælt í slamminu með nokkrum stikkprufum.

3.3. Efnasamsetning slamma

Sýni voru tekin fimm sinnum alltaf á sama stað og á sama tíma dags eins og hægt var. Þar sem það var mjög mismunandi hvenær Redox fleytibúnaðurinn fór í gang tókst ekki að taka sýnin á nákvæmlega sama tíma dags.

Við sýnatökunna voru notaðar 1 lítra glerflöskur. Þær voru þvegnar og skolaðar með eimuðu vatni áður en þær voru þurrkaðar vel að innan. Sýni voru tekin úr karinu á fleytibúnaðinum, þar sem slammið dettur, þegar skafan skefur ofan af. Tekin voru eins einsleit sýni eins og kostur var. Flaskan var síðan geymd í kæli þangað til daginn eftir og send síðan til Sýnis ehf. til efnamælinga. Sýnin voru aldrei lengur í herbergishita en u.þ.b. eina klukkustund. Niðurstöður er að finna í **viðhengi 16, töflu 9**. Þar er hægt að sjá að sýni voru tekin á (21.11-27.11.2006) þriðjudag, miðvikudag, fimmtudag, föstudag og mánudag. Ásamt þessu var gerð samantekt á framleiðsluvörum og framleiðslumagn í öllum deildum búans.

Aukalega var prófað hvort gerjunin stoppaði ef slammið væri kælt. Tekin voru tvö lítil skilvinduglós og slamm sett í þau og þeim komið fyrir á kæli.

3.4. Slamm sem áburður

Tilraunaáætlun fyrir notkun slamma sem áburðar var sett upp af Hreini Óskarssyni hjá Skógrækt ríkisins. Slamm verður safnað frá byrjun apríl til loka september 2007 í haugsugu. Því verður síðan dreift samkvæmt þessari áætlun á skógarbelti, á svæði Suðurlandsskóga. Skipulag tilraunarinnar er að finna í **viðauka 17, tafla 10**. Mynd af tilraunasvæðinu er að finna í **viðauka 18, mynd 14**. Slamm verður sett

á þrjú svæði. Á svæði eitt verður sett ferskt slamm. Á svæði tvö verður sett ferskt slamm með tilbúnum áburði (NPK). Á svæði þrjú verður sett ferskt slamm með kjötmjölsíblöndun. Síðar í sumar 2007 verða gróðursettar víðitegundir, aspir, birki- og grenitré, samkvæmt tilraunskipulaginu.

4. Niðurstöður

4.1. Örverumælingar á slammi - stikkprufur

Það voru teknar stikkprufur af slamminu til örverufræðilegra mælinga þann, 24.10.2006. Af þeim voru tekin sýni á blóðskálar fyrir sjúkdómsvaldandi bakteríur, Plate Count fyrir heildargerlatölu, *E.coli* chromogenic æti og Membrane Lactose Glucuronide Agar (MLGA) æti fyrir *E.coli* og Violet Red Bile Lactosa Agar (VRBLA) æti til að finna magn kólibaktería. Þann 31.1.2007 voru teknar stikkprufur til að greina hvort *Listeríu* og/eða *Salmonellu* væri að finna í slamminu. Niðurstöður er að finna í **töflu 10** hér fyrir neðan.

Tafla 10. Greindar örverutegundir og fjöldi í slammi. Stikkprufur 24.10.2006 og 31.1.2007.

	Fjöldi	Smásjá	Annað
Blóðskálar	1.240.000.000	Sveppir	Fjölga sér mikið
Salmonella	Neikvætt		
Listería	Neikvætt		
Heildargerlar	1.500.000.000		
E.coli	10.000		
Coli	20.000.000	Langir stafir	Gram+, Katalasa+,

l

Á blóðskálum var að finna mikinn vöxt, sem var einsleitur (sama tegund). Undir smásjóni voru þessar örverur eins og gersveppir í útliti og á öflugu vaxtarstigi. *Salmonellu* og *Listeríu* var ekki að finna. Heildargerlatalan var há eins og vænta má í hreinsistöðinni, þar sem um mikið niðurbrot efnasambanda er að ræða. *E.coli* fundust 10.000/ml. Kólibakteríur var að finna í miklu magni. Undir smásjóni voru þær langar, Gram-jákvæðar, katalasa jákvæðar og stafformaðar.

4.2. Vatnsnotkun

Tekin var saman notkun kaldavatns hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi. Sundurliðaðar niðurstöður er að finna í **viðauka 19, töflu 12**. Fyrir neðan er að finna samantekt meðalvatnsnotkunar á mánuði og heildarnotkun á ári.

Tafla 13. Samantekt yfir vatnsnotkun hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi á árið 2006.

2006			
Mánuð	Vatn (ltr)	Mjólkurmagn (Ltr)	H ₂ O/ Mjólk (ltr)
Meðaltal	28.233.083	3.881.241	7,35
Alls	338.797.000	46.574.886	

Vatnsnotkun var lesin af mæli á aðalinntaki mjólkurbúsins. Það voru teknar saman tölur fyrir innvígtaða mjólk og þær bornar saman við kaldavatns notkunina. Vatnsnotkun var 7,35 lítrar á hvern lítra af mjólk.

4.3. Rennslismælir við flæðidælu

Flæðimælir á frárennislögn að Redox-búnaði, var skoðaður fyrst, því efasemdir voru uppi um að hann væri að sýna rétt flæði. Það var gert þannig að frárennslið frá mjólkurbúinu var leitt framhjá pH-jöfnunartanki. Það var gert til að reikna minnkun í jöfnunartanki og magn frárennslis sem fór í gegnum dælu. Rúmmál var reiknað í jöfnunartanknum. Teikning af tankinum í AutoCad, var notuð til að reikna út rúmmál tanksins, út frá flatarmáli tankbotnsins, þvermáli og hæð tanksins. Minnkun á frárennsli (m^3) var reiknað og borið saman við tölur frá flæðidælu. Niðurstaðan er sú að flæðimælirinn sýndi rétt flæði. Sjá **mynd 15** fyrir útreikninga.

Lækkun í jöfnunartanknum (120 mín) 5,01m-3,86m=1,15 m

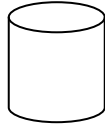
$$1,15 \text{ m} / 2 \text{ klst} = 0,575 \text{ m/klst}$$

$$\text{flatarmál} * \text{hæð} = \text{vatn m}^3$$

$$115,75 \text{ m}^2 * 1 \text{ m} = 115,75 \text{ m}^3$$

$$(0,575 \text{ m/klst}) * (115,75 \text{ m}^3) = 66,56 \text{ m}^3/\text{klst}$$

Flæðimælirinn sýndi yfir daginn 67-70 m³/klst.



Mynd 15. Útreikningar til að sannreyna rennslismæli í hreinsistöð.

4.4. Magn slamms

Einn dagskammtur af slammi var settur í flutningstankinn. Því var síðan ekið austur í Kjötmjöl og tankurinn vigtaður með slamminu. Síðan var slamminu dælt í verksmiðjunna, tankurinn skolaður og vigtaður tómur. Slamm var 3.480 kg og kostnaður við losun reyndist 32.190 kr. Kostnaður við losun er því 9,25 kr./kg.

Ath. það skildist vatn frá slammi í tankinum sem blandaðist síðan saman við aftur á leiðinni til verksmiðjunnar. Erfitt var að áætla hvað það var mikið. Ágiskun er um 500-1.000 lítrar af vatni.

4.5. Efnasamsetning slamms

Sjá **viðauka 20**, **töflu 14** fyrir sundurliðun og magn framleiðslu í húsinu. Samantekt er að finna hér fyrir neðan í **töflu 15**.

Tafla 15. Samatekt fyrir framleiðsludeildir hjá Mjólkursamsölnni á Selfossi
20.11.2006-27.11.2006.

Vika 47/ 2006

	mán	þri	mið	fimm	Fös	Lau	mán
Deild	20.11.	21.11.	22.11.	23.11.	24.11.	25.11.	27.11.
Smjör	x	x		x			
Skyr& Jógúrt	x	x	x	x	x		x
Mjólkurpökkun	x	x	x	x	x		x
L&L		x	x	x			
Mygluostagerð	x	x	x	x	x		x
G-vara	x	x	x	x	x		x
Mjöl		x	x				x
Innvigtun mjólk	211.321	158.821	140.850	107.867	141.879	108.487	213.000

Það var framleiðsla í skyr- og jógúrtdeildinni, mjólkurpökkuninni, mygluostagerðinni og G-vörinni alla sýnatökudagana. Smjör var strokkað á mánudegi (20.11), þriðjudegi, fimmtudegi og mánudegi í vikunni þar á eftir (27.11). Viðbit var blandað og pakkað á þriðjudegi, miðvikudegi og fimmtudegi. Mjöl var þurrkað á þriðjudegi, miðvikudegi og á mánudegi í vikunni þar á eftir (27.11).

Niðurstöður greiningar á efnasamsetningu slammsins er að finna í **töflu 16**.

Tafla 16. Efnasamsetningu slamms 21.11.2006-27.11.2006 frá Sýni ehf.

Dags. sýnis	Heildar N %	Heildar C %	Prótín % N x 6,25 (+/- 0,4) ISO 5983	Fita % (+/-0,3) AOCS Ba 3-38^8	Þurr% (+/- 0,4) ISO 5984	Aska% (+/- 0,3) ISO 5984	Kolvetni %	P ₂ O ₅ mg/g
21.11.06	0,714	11,7	4,3	11,7	17,4	0,3	1,1	2,4
22.11.06	0,708	8,56	4,2	7,6	13	0,2	1	1,6
23.11.06	0,695	7,58	4,2	6,5	11,8	0,1	1	1,4
24.11.06	0,568	6,36	3,6	5,5	9,7	0	0,6	1,2
27.11.06	0,609	6,77	3,7	5,6	10,6	0,2	1,1	1,4

Í frumefnagreiningunni eru niðurstöður fyrir heildar köfnunarefni (%) og heildarkolefni (%). Kolvetni var reiknað sem mismunur, þurrrefnis%-

(prótín% + fita% + aska %), og voru niðurstöður 0,6-1,1%. Prótín reyndist vera 3,6%-4,3%. Fitan í slamminu var breytileg og var frá 5,5% til 11,7%. Aska var lítil í slamminu eða rétt um 0,2%. Fosfat var mælt og var það 1,2-2,4 mg/g. Gerjun stöðvaðist alveg þegar sýnin voru geymd í ískáp.

Hlutfall milli P_2O_5 og heildarköfnunarefnis var reiknað. Það segir okkur til um hvort mælingarnar séu sambærilegar og marktækar:

Þriðjudagur	0,34
Miðvikudagur	0,23
Fimmtudagur	0,20
Föstudagur	0,21
Mánudagur	0,23

Hlutfall heildarkolefnis og samanlagðs fitu- og prótíninnihalds (C/(fita+prótín)) var:

Þriðjudagur	0,73
Miðvikudagur	0,73
Fimmtudagur	0,71
Föstudagur	0,70
Mánudagur	0,73

Magn mjólkur sem rýrnar í framleiðslu var reiknað út frá prótíngrunni. Í útreikningunum gefum við okkur þær forsendur að allt prótínið sem berst í hreinsistöðina eigi uppruna sína í mjólk.

Meðalprótín í slammi (21.-27. nóv. 2006)	4,0%
Meðalprótín í hrámjólk 2006	3,37%
Magn slamms á sólahring 16.2.2007	3.480 kg.
Rýrnun á dag, kg mjólk m.v. prótíngrunn	4.131 kg
Rýrnun á viku m.v. 5 framleiðsludaga í viku	20.653 kg
Rýrnun á ári	1.074.000 kg
Verðmæti rýrnunar á ári (m.v. 43 kr./l)	46,2 m.kr.

Prótín sem tapast á ári m.v. ofangreindar forsendur	2,3%
Magn mjólkur sem rýrnar í framleiðslu var reiknað frá fitugrunni ef 100% af fitunni í slamminu kemur úr mjólk:	
Fita í slammi (21.-27. nóv. 2006)	7,38%
Meðalfita í hrámjók 2006	3,95%
Magn slams á sólahring	3.480 kg.
Rýrnun á dag	6.496 kg.
Rýrnun á viku m.v. 5 framleiðsludaga í viku	32.346 kg.
Rýrnun á ári	1.681.971 kg
Verðmæti rýrnunar á ári (43 kr./l)	72,3 m.kr.
Fita sem tapast m.v. ofangreindar forsendur	3,6%

Mesta óvissan í útreikningunum er magn slams á sólahring. Gott ef hægt væri að mæla magn á heilli viku og bera það saman við innvígtað magn. Þannig fengist nákvæmari útkoma. Reikningar með prótíngrunni eru mikilvægari fyrir okkur, vegna verðmæti prótíns. Prótín kemur einungis frá mjólkurvörum. Það þarf líka að athuga að ef t.d. 1 ltr. af sojaólía fer í frárennsli þá vegur hann c.a. 25 ltr. af mjólk. Þetta skekkir reikninginn.

Rýrnun í G-vörudeildinni var greind af Guðjóni Einarssyni yfirmanni tækideildar Mjólkursamsölnnar á Selfossi. Sjá niðurstöður í **viðauka 21, töflu 17**. “Rýrnun við keyrslu á UHT tækjum”. Það er hent u.þ.b. 250 lítrum af Kókómjók í byrjun og lok keyrslunnar UHT-tækja. Það er gert tvisvar sinnum á dag þ.a. 500 lítrum er hent á dag. Gróflega reiknað eru þetta 120.250 lítrar á ári. Þetta er ekki hámarkstalan, þessi tala er reiknuð niður á við.

4.6. Hreinsiefnanotkun

Sódi, sýra og önnur hreinsiefnanotkun er tekinn saman á **mynd 16, viðauki 22**. Talan fyrir sýrunotkun árið 2005 er of lág, þar sem það vantar upplýsingar fyrir innkaup frá einum birgja. Aukning á basískum og súrum hreinsiefnum er greinileg síðan 2005.

Tafla 18 . Samantekt yfir hreinsiefnanotkun milli ára.

Efnanotkun 2004-2006				
	2004	2005	2006	Aukning (%)
Sóða	90.030	110.782	165.437	33,04
Sýra	45.308	27.134	82.356	36,87
Annað	334	510	3.933	33,04

Á línuriti í **viðauki 23, mynd 17** er reiknuð vikunotkun hreinsiefna. Það er svo borið saman á milli ára.

Í **viðauka 24, mynd 18** er sama hreinsiefnanotkunin borin saman við innvigtunarmagn mjólkur. Aukning á notkun þvottaefna (2005 og 2006) samkvæmt þessu línuriti er í að finna á **töflu 19**.

Tafla 19 . Samantekt fyrir efnanotkun í grömmum á innvigtaðan lítra mjólkur.

Ath. notuð er leiðrétt tala fyrir notkun sýru.

Efnanotkun per innvigtuð mjólk (gr per L)				
	2004	2005	2006	Aukning (%)
Sóði	2,06	2,60	3,55	26,80
Sýra	1,04	0,64	1,77	32,20
Annað	0,01	0,01	0,08	87,50

4.7. Sýrustig slamms

Sýrustig yfir eina viku er að finna í **viðauka 25, mynd 19**. Staðsetning á pH-mælinum er á frárennsli frá fleytibúnaðnum. Þegar tækið er stopp þá jafnast pH í vatninu. Þegar tækið er í gangi snarlækkar pH. Athuga þarf að þegar tækið er stopp fer ekkert frárennsli inn á bæjarkerfið og safnast frárennslið í jöfnunartankinn. Þess vegna er pH-línuritið ekki marktækt nema þegar fleytibúnaðurinn er í gangi. Sýrustig er nokkuð jafnt í frárennslinu, sem fer út úr mjólkurbúinu inn á bæjarkerfið. Sýrustig og hæð fyrir vikuna er að finna í **viðauka 26, mynd 20**. Það er

hægt að vera fullviss um að þegar fituskafan fer að stað og hæðin byrjar að lækka, þá lækkar pH í frárennslinu. Frárennslið sem fer inn á bæjarkerfið er í kringum pH 4,6 að jafnaði. Hæst var hæðin í tanki 6,35 m og lægst 2,35 m. Miðgildi var 3,83 m.

4.8. Slamm sem áburður

Könnuð var afstaða Heilbrigðiseftirlitsins til tilrauna hvað varðar notkunar á slammi á skógarbelti. Í **viðauka 27, mynd 21** er að finna fyrirspurnina sem var send og **viðauki 28, mynd 22** sýnir svarið frá Heilbrigðiseftirliti Suðurlands (HES). Það voru engar athugasemdir gerðar við þessar tilraunir svo fremi sem Heilbrigðiseftirlitinu yrði greint frá niðurstöðum og þróun mála.

Það er að ennþá verið að dreifa slammi á afgirt skógarsvæði. Dreifingin með haugsugunni hefur tekist vel og ræður haugssugan mjög vel við slammið. Allt of stuttur tími er liðinn til að hægt sé að meta áhrifin á náttúruna.

4.9. Jarðgerð

Heppileg samsetning jarðgerðarblöndu var fundin með því að nota reiknilíkan sem V GK-Hönnun hefur þróað. Það er byggt á gögnum úr fræðigreinum, mælingum og upplýsingum frá fyrirtækjum sem starfa við meðhöndlun sorps. Fjárfestingar- og rekrarkostnaður var reiknaður fyrir jarðgerð. Niðurstöður eru í **viðauka 29, töflu 20**. Á mynd í **viðauka 30, mynd 23** koma fram flæðirit fyrir ferlið og útreikningar fyrir massajafnvægi jarðgerðar er að finna í **viðauka 31, töflu 21**.

Í jarðgerðinni er bylgjupappi kurlaður með pappírstætara. Skógarúrgangur er kurlaður með viðartætara. Kjötmjöl og slamm er hægt að nota án frekari meðhöndlunar. Þessu er öllu saman mokað eða dælt í blandara og síðan í gám.

Til að geta jarðgert allt slamm sem til fellur hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi, í heppilegri jarðgerðablöndu, þarf að eiga tvo gáma. Fjár-

festingarkostnaður fyrir jarðgerðargáma er um 25 m.kr. Rekstrar-kostnaður á ári er 1,2 m.kr. Rúmmál á einni jarðgerðarblöndu er tæpir 67 m³ og massarýrnun í jarðgerð er um 17,4 tonn. Það fengist um 26,1 tonn af moltu úr einum jarðgerðarskammti eða tæpir 35 m³.

Rekstrarkostnaður fyrir kg af jarðgerðu slammi er reiknaður 1,44 kr./kg slammis og fyrir moltu er framleiðslukostnaðurinn reiknaður 1,80 kr./kg moltu.

Sé mögulegt að selja moltuna úr jarðgerðinni er rekstarkostnaðurinn og tekjur reiknaður hér fyrir neðan:

Skilyrðin eru:

Umbúðir fyrir moltu	20 kg plastpoka.
Umbúðakostnaður	10 kr./poki
Pökkunartími	8 klst.
Laun starfsmanna	4.000 kr./klst.
Tímabil	14 dagar
Molta í tvær vikur	26.100 kg
Moltupokar (20 kg)	1.305 stk.

Kostnaður:

Kostnaður við jarðgerð	-47.090 kr.
Umbúðakostnaður	-13.050 kr.
Launakostnaður	-32.000 kr.
Dreifing	-32.000 kr.

Tekjur:

Sölutekjur (söluverð 450 kr./20 kg)	587.250 kr.
-------------------------------------	-------------

Hagnaður á tveimur vikum: 463.110 kr.

Hagnaður á ári: 12.040.860 kr.

Við moltusölu minnar kostnaður við urðun svo og gjöld hjá Kjötmjöli. Urðunargjöld er það lág núna, að fjárfesting í jarðgerðarbúnaði ekki góður kostur, en það mun breytast, vegna hækkunar á urðun á næstu árum. Núverandi móttökugjöld Kjötmjöls (9,25kr./kg- sjá kafla 4.4) gera það að verkum að heildarsparnaður, með tilliti til jarðgerðarferlis sem er 7,45 kl./kg slammis verður rúmar 6,3 m.kr.pr.ár. Ef reiknað er með 20% fjármagnskostnaði verður endurgreiðslutími ásættanlegur.

Endurgreiðslutími, engar sölutekjur: 4,8 ár

Endurgreiðslutími, með sölutekjum: 2,5 ár

4.10. Rekstrarkostnaður

Samantekt á nýtingarmöguleikum og kostnaði við þá er að finna hér fyrir neðan. Jarðgerð er ódýrasti kosturinn og síðan urðun, hvort sem um er að ræða urðun með eða án metangasframleiðslu.

Tafla 22. Rekstrarkostnaður við nýtingu á slammi.

Rekstrarkostnaður við nýtingu á slammi í 14 daga				
	Kostnaður kr. per/kg	Önnur gjöld (kr.)	Alls (kr.)	
Urðun í Sorpstöð Suðurland (án vsk)	1,42	1.110	50.526	
Jarðgerð	1,40		48.720	Ath. Tekjumöguleikar
Förgun hjá Kjötmjöli ehf.	9,25		321.900	
Slamm sett á skógarbelti	1,67		58.000	Ath. vantar olíukostnað inn í útreikninga

4.11. Fjölliður

Þurrefni í slammi fyrir þynningu með vatni var 21,4%. Katjónískar fjölliður komu vel út og þurrefni eftir þykkingu var 27-28%. Fjölliðurnar K1912 og K5060 komu best út og myndaðist þar svo kallað *autoflotation* við þykkinguna. K1912 gaf slamm með hæst þurrefnisinnihald. Anjónískar fjölliður virkuðu ekki eins og ætlast var til og reyndist viðmiðunarsýni betra.

5. Umræða um niðurstöður

5.1. Örverumælingar á slammi - stikkprufur

Það kemur ekki óvart að mikið er af örverum í slamminu. Bakteríur enda í slamminu frekar en í hreinsuðu vatni. Niðurstöður eru að finna í **töflu 10** í kafla 4.1.

Í blóðagarnum vaxa aðallega gersveppir og engar *Bacillus*-tegundir fundust á honum, en e.t.v. ná þær ekki að vaxa vegna samkeppni við aðrar bakteríutegundir. Gersveppir eru samkeppnishæfari en *Bacillus*. Þeir vinna að fyrsta niðurbroti efnasambanda í hreinsistöðvum. Þeir geta verið *Sepedonium*, *Subbaromyces*, *Ascoidea*, *Fusarium*, *Geotrichium* og *Trisporon*. Það er þó möguleiki að það sem við greindum sem gersveppi sé í raun *coryneforms* bakteríur. Í okkar aðferðum getum við ekki greint á milli þessara tveggja hópa. Í hópi *coryneforms* baktería er að finna tvær tegundir sem eru *Corynebacterium* og *Arthobacter*. Sú síðari er mjög algeng í nátturúnni. Hún líkist gersveppi undir smásjánni og er ekki ólíklegt að hana sé að finna í slammi. Mikill möguleiki er á að finna *Actinomycetes* sem er mikið af í umhverfinu.

Heildargerlamagn er hátt í slammi. Niðurbrot efnasambanda er í góðum gir, sem kemur ekki á óvart. Það er jákvætt að niðurbrot efnasambanda gangi hratt og vel fyrir sig.

Saurkólibakteríur er oftast að finna í óhreinindum. Slammið er engin undantekning frá því. Þær eru þó ekki góðar niðurbrotsörverur og hinar bakteríutegundirnar taka fljótlega völdin. Á VRBA skálum fundust staflaga, Gram-jakvæðar og katalasa jákvæðar örverur. Miklar líkur voru á að hér væri að finna t.d. *Bacillus*-tegundir og *coryneforms*.

Listeríu og *Salmonellu* bakteríur eru mjög viðkvæmar fyrir aðstæðum sem eru ekki hagstæðar fyrir þær. Þess vegna er ekki ólíklegt að þær nái ekki að lifa meðal hinna niðurbrotsörveranna.

5.2. Vatnsnotkun

Það eru notaðir 7,35 lítrar af vatni á móti hverjum mjólkur lítra hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi. Það er sagt í erlendum heimildum að þessi tala ætti að vera í flestum tilfellum í kringum 2,5 / 1. Vatnsnotkun hefur minnkað á síðustu árum. Mjólkuriðnaður á Íslandi notar kalt vatn í kælingu á tönkum og kælikerfum í stað kælimiðils. Þetta er ekki raunin í nágrannalöndum okkar. Þessi háa tala skýrist af því að við höfum nóg af vatni. Þegar búið er að nota það, skilum við því einfaldlega í sjóinn eða í ár. Þetta sjónarmið er að verða úrelt og er meira og meira umhugsunarefni, jafnvel á Íslandi. Auk þess gerir mikið vatnsnotkun slammið þynnra og eykur umfang þess.

5.3. Rennslismælir við flæðidælu

Rennslimælir við flæðidæluna er að sýna rétt flæði. Útreikninga er að finna á mynd 15 í kafla 4.3. Það er mjög mikilvægt að geta treyst á flæðimælinn til að geta reiknað út magn slammisins og frárennslis frá mjólkurbúinu.

5.4. Magn slammis

Framleiðendinn gefur upp að inntaksflæði upp á 150 m³/klst. gefi um 1,5 m³ af slammi á klst. með um 10% þurrefnisinnihald. Það er mjög svipað og raunin er. Flæði inn í tækin er u.þ.b. 70 m³/klst. og myndun slammis er 0,75 m³/klst. (reiknað með eðlisþyngd 1 kg/dm³ fyrir slamm). Með þessum tölum ættum við að fá 6.000 lítra af slammi á dag. Samkvæmt okkar raunvigtartölum myndast 3.450 kg. Þessar tölur passa ekki saman og getur munurinn legið í því að eðlisþyngd slammis er ekki 1 kg/dm³. Þetta þarfnast frekari athugunar. Það er vitað að breytileiki milli daga og mánaða er mikill, hvað magn og efnainnihald slammisins varðar. Þegar slammið stendur í vagninum aðskilst það. Gróf ágiskun fyrir aðskilnaðinn er u.þ.b. 10%. Vatn úr dagskammti er um 500-1.000 kg. Ef þurrefni er 12,5% þá ætti þurrefnið að vera 435 kg. Þá

ættu þessi 3.000 kg að vera vatn! Kostnaðurinn myndi minnka um 87,5%. Kostnaður vegna förgunar hjá Kjötmjöli ehf. væri þá 4.024 kr. auk þess að umfang slammsins minnkaði verulega.

Í þessu sambandi skal hafa í huga að í raun er aldrei hægt að þurrka slammið þ.a. þurrefnið verði 100%.

5.5. Efnasamsetning slams

Í þessari umfjöllun er stuðst við framleiðslutölur frá Mjólkursamsölunni á Selfossi, sem er að finna í **töflu 15** í **kafla 4.5**. Niðurstöður úr efnamælingum á slamminu er að finna í **töflu 16** í kafla 4.5.

Hvað mjólkina varðar þá fylgir prótín og fita hvoru öðru. Magn laktósa sem hlutfall af þurrefni breytast í gagnstæða átt. Þegar við skoðum niðurstöður frá slamminu við þetta er hægt að segja að þetta gildir ekki fyrir slammið. Próttín og fita eru ekki samhliða auk þess að kolvetnistölur eru mjög stöðugar í slamminu. Þetta er mjög skiljanlegt vegna þess að örverur sem brjóta niður efnasambönd byrja að sjálfsögðu á efnasamböndum sem eru “auðveldari” og aðgengilegri sem orkugjafar. Kolvetni (laktósi) verður kláraður fyrst. Eftir að kolvetnin eru búin byrja örverur að brjóta niður flóknari efnasambönd eins og prótín og fitu. Þegar fita og prótín er hærri í mælingum (kolvetni undanskilin) á að vera hægt að segja að magn mjólkurleifa í frárennslinu sé meira.

Rýrnun mjólkurprótíns á dag, á viku og á ári er frekar mikil, þegar við gefum okkur að allt prótínið í slamminu komi úr mjólkinni. Það er þó aldrei hægt að ná 100% árangri. Kostnaðurinn við þessa rýrnun er áætlaður 46,2 milj. kr. á ári. Ef við horfum á þessa tölu þá er réttlætjanlegt að setja mikinn kostnað, vinnu og búnað til að minnka þessa rýrnun. Sömu tölur fyrir fituhluta mjólkurinnar er enn stærri. Það þarf að kanna í framhaldsverkefni hvort hægt sé að minnka rýrnunina, t.d. með bættri nýtingu við framleiðslu. Metnaðarfullt markmið væri að

ná þessari rýrnun niður um 50% og með því minnkaði slammagnnið einnig um 50%.

Það eru ekki mikil tengsl milli deilda né framleiðslu og efnainnihalds slammsins. Það er fylgni á fiturikari og þurrefnis hærrí framleiðslu. Það er spurning hvort þetta sé allt innan skekkjumarka og hvort þetta sé eðlilegur breytileiki. Það er vitað að það er mikill breytileiki í efnasamsetningu slamms (og frárennslis) milli tíma dags, mánaða og árstíma. Það er spurning hvort sumarsamsetning slammsins sé öðruvísi en vetrarsamsetningin. Efnasamsetningin í mjólkinni hefur áhrif á það, sem og hitastig. Jöfnunartankurinn jafnar hitastigssveiflur milli árstíma. Það var framleitt á hverjum degi í skyr-og jógúrtdeild, mjólkurpökkun, G-vörudeild og í mygluostagerð. Þessi deildir hafa áhrif á frárennslið á hverjum degi. Þær deildir sem voru *ekki* alltaf í gangi voru, smjörgerð, L&L-deild og mjólpurrkun. Það er hægt að reyna að tengja þessar deildir við niðurstöðurnar.

Þegar Létt og Laggott var framleitt var prótínið hærra. Það er mikið prótín í kvarginu sem er notað í framleiðsluna. Það fannst mikið af þurrefni í sýninu á þriðjudeginum (fyrsta sýninu). Það var framleidd Klípa þann daginn. Klípa er fitulágt viðbit sem er mjög viðkvæmt í framleiðslu. Þurrefni er hærra í kvarginu sem er notað í hana. Þetta getur haft áhrif á niðurstöðurnar á þriðjudeginum. Á miðvikudegi og fimmtudegi var framleitt Létt og Laggott (L&L). Það er ekki eins viðkvæmt í framleiðslu. Það er c.a. 100 kg af kvari sem skolast út úr kvargleiðslum eftir framleiðslu viðbitsins á hverjum degi. Það er mikið miðað við að framleidd eru um 2.000 kg af viðbiti á dag. Að auki fer eitthvað í niðurfal, þegar kvargtankar eru skolaðir. Það er mismundi eftir kvargtönkum, þurrefnisinnihaldi og starfsmanni hve mikið magn þetta er. Ef við reiknum með að magn kvars sem endar í frárennsli á einni viku er það 360 kg af kvari á móti 6.158 kg af framleiðslu (1:17 eða 5 %).

Fita er hærri á þriðjudeginum og á miðvikudeginum. Þetta getur tengst smjörframleiðslu. Það var strokkað á mánudegi, þriðjudegi og á fimmtudegi. 250 gr smjöri var pakkað á mánudeginum og á þriðjudeginum. Það var framleitt 25 kg. smjör á fimmtudeginum (sýrt). Það fer mun meiri fita í niðurföll þegar smjöri er pakkað. Það hækkar fituna fyrri hluta vikunnar. Þvottur var kannski í seinna lagi á mánudeginum, svo að fitan komst í búnaðinn daginn eftir. Það er líka losaður fitusöfnunartankur við smjörvélinu daginn eftir framleiðslu. Það er mismundi hvað mikið er í tanknum. En fitan var ekki hærri á fimmtudeginum. Það er vegna þess að það var ekki svo mikil rýrnun við 25 kg framleiðsluna.

Mesta framleiðslan í heildina var á fimmtudeginum. Það getur hækkað þurrefnið. Mjólkurþökkun var mest á þriðjudeginum og á fimmtudeginum. Það helst ekki í hendur, en getur þó hækkað fitu, %þurrefni og prótín. Mjólkurþökkun mengar lítið út í frárennsli miðað við margar aðrar deildir (t.d. smjör og L&L-deild).

Í mjölinu var þurrkað nýmjöl á þriðjudeginum og á miðvikudeginum. Á mánudeginum var þurrkað undanrennuduft. Það þarf að þrifa mjölvinnslu milli tegunda. Það þýðir að mjölvinnslan var þrifu á fimmtudeginum. Það er spurning hvort það hækkar %þurrefni á þriðjudeginum, miðvikudeginum og á mánudeginum!

Í G-vörudeild var framleiddur safi á föstudeginum, en annars voru framleiddar mjólkurvörur. Það er líklegt að G-varan hækki allar tölur (prótín, fita og %þurrefni) alla dagana nema á föstudeginum. Í safatækjum er ekki hent svona miklu. Safar eru vatnblandaðar vörur sem hafa ekki eins mikið af lífrænum efnasamböndum.

Það er ekki mikið af sápu og þvottaefnum í þessum úrgangi, það er væntanlega að finna í hreinsuðu vatni sem fer út úr hreinsistöðinni. Þvottaefni eru vatnsleysanleg.

Samband milli P_2O_5 og heildar N% er mjög svipað allan tíman eins og það á að vera. (mælingin er sem sagt rétt.) Fyrsta mælingin er áberandi

há en það mæligildi staðfesta allar hinar mælingarnar sem eru líka hærri þann daginn. Getur tengst mjöli, smjöri eða L&L (Klípu).

Sú spurning vaknaði hvort eðlilegt væri að öskuinnihald væri lægra en magn fosfats? Svarið er að fosfat getur verið í saltformi og það er ekki að finna í mælingunni á ösku. Lífrænt salt brennur við öskumælingu og mælist þess vegna ekki í öskunni. Það þýðir að lítið er af fosfati í slamminu, en það finnst aðallega í vatnsfasanum. Það getur þýtt að inn á bæjarkerfið sé ennþá hleypt frekar miklu af fosfati. Þetta þarf að rannsaka betur.

Samband milli heildar kolvetnis og fitu + prótín er mjög svipað allan tímann í mælingunum (mælingin er sem sagt rétt). Þetta segir það, að mjög lítið af sápu endar í hreinsistöðinni. Það er mjög lítil aukning C í mælingunni. Að mestu leiti kemur það frá fitu og prótíni. Munurinn (1-0,73) er C sem er ættað annarstaðar frá. Það fer að sjálfsagt eitthvað út í hreinsuðu vatni eins og sápur og þvottaefni.

5.6. Hreinsiefnanotkun

NaOH og KOH eru ólífræn sölt og eru auðleysanleg í vatni. Þessi efnasambönd valda ekki skaða og hemja ekki, heldur auðvelða frekara niðurbrot lífrænna úrgangsefna. Mestar áhyggur eru hafðar af fosfónati, sem gegnir því hlutverki að binda málmjónir og losa kalkstein við hreinsun (CIP). Það er þó ekki torniðurbriótanlegt á meðan ljós og örverur vinna saman. Birta er takmörkuð í loftunartanknum og því er líklegt að ekki sé allt fosfónat brotið niður áður en það endar í slamminu eða í frárennslinu.

Í basísku hreinsiefnunum er að finna EDTA, en það efnasamband getur hindrað oxun efnasambanda, sem getur valdið einhverjum vandræðum í niðurbrotsferlinu. Efnið er ekki skaðleg, en það brotnar ekki vel niður heldur. Fræðilegur möguleiki er á að þetta efni sé að finna í slamminu. Eituráhrif EDTA eru meiri í mjúku vatni, en á Íslandi er vatnið frekar mjúkt. Það eykur áhrif þessa efnisins við íslenskar aðstæður.

Notkun sóða, síru og annarra hreinsiefna hefur greinilega aukist. Sýrunotkun mest af öllu. Almennt mætti nefna að innvigtuð mjólk var meiri á árinu 2006 en 2005 og 2004, sem eykur framleitt magn og þvotta.

Þegar notkun hreinsiefna er borinn saman er hægt að segja að notkun annarra hreinsiefna en sóða og síru hefur aukist. Það ber þó að hafa hugfast að notkun annarra hreinsiefna er mjög lítil í hlutfalli við sóða og síru. Ef einungis væri keyptir einn til tveir 20 lítra brúsar á ári í viðbót skekkir það mælinguna. Í mælingunni á árinu 2006 er uppþvottalögur tekinn með, en engar upplýsingar eru fyrir hann hin árin. Notkun á því efni er mikil fyrir það sem þvegið er í höndunum. Mikil notkun á uppþvottalegi er ekki hættuleg fyrir náttúruna og veldur ekki takmörkun á nýtingu slammsins, en getur aukið jónastyrkleikan í jarðsverðinum.

Þegar tilliti er tekið til innvigtads mjólkurmagns, er aukningin mikil á síðustu árum og sérstakleg árið 2006, væntanlega vegna aukinnar sölu skyrdrykkja og annarra unnra vara í búinu. Þá eru mjólkurframleiðendur hvattir til að framleiða eins mikið og þeir geta. Það er búið að valda erfileikum, þar sem að bændurnir senda alla mjólk í búid. Þetta getur valdið gæðavandamálum vegna örveru- og efnafræðilegs ástands mjólkurinnar.

Almennt er um aukningu á þvottaefnanotkun að ræða. Það er staðreynd hvort sem horft er á tölur frá framleiðslueiningum eða bara notkunar-tölur. Það er því spurning hvort það sé einhver stór breyting á þvotta-kerfum sem er um að ræða. Það þyrfti að kanna hvort sé verið að nota sterkari upplausnir hreinsiefna, hvort skömmunardælur séu í lagi, hvort einhverjar lagnir leka eða hvort þetta sé eðlileg þróun í þessum málum. Þetta þarf að skoða nánar.

Spurningin er sú hvort hægt væri að spara stóran pening í því að fá leiðnimæla og til að mæla mjólk/vatnskil og jafnvel taka þessa vatnsblönduðu mjólk í sér tank og meðhöndla, og nota þetta bland

betur. Það er hægt að búa til fóður fyrir svín úr þessu með því að þurrka það eða þykkja. Þetta er ekki fæða fyrir menn, svo þetta gæti verið góð lausn.

5.7. Sýrustig slammis

Ef sveiflur eru miklar á sýrustiginu í pH-jöfnunartankinu, þá er það að hindra niðurbrot lífræna efnasambanda. Þá geta örverur ekki brotið niður lífræn efnasambönd og enda þau í slamminu. Það eru stórar sveiflur á sýrustigi í frárennslinu sem kemur frá mjólkurbúum. Stundum er það mjög basísk þvottavatn og stundum er það mjög súrt þvottavatn sem um ræðir. Sýrustigssveiflur í frárennslinu jafna sig í pH-jöfnunartankinum. Sýrustigið lækkar í tanknum vegna þess að niðurbrot er mjög ört og lokaafurðir við mjólkursýrugerjuninni myndast. Þar er að finna mjólkursýru (laktat), etanól og CO₂. Minna er um asetat, format og glýseról.

5.8. Slamm sem áburður

Það er mjög gott mál ef hægt er að nota slammið sem næringarríkan áburð. Það er ekki hægt að greina frá niðurstöðum á svo stuttum tíma eftir tilraunirnar á afgirtum skógarbeltisvæðum. Það er ekki hægt að sjá svörun plöntunnar, til þess þarf mun meiri tíma.

Tilraunin og notkunarmöguleikinn er ekki dýr. Það eina sem þarf er haugsuga og mann til að fara með slammið og sprauta því á skógarbeltið 1-2 í viku. Aukningin á jónainnihaldinu í jarðveginum fylgir þvottaefnanotkun í CIP-kerfum. Þetta ætti þó ekki að vera einungis neikvætt á Íslandi, vegna þess að það er þörf að binda jarðefni. Það er að finna meira af aðgengilegum steinefnum og köfnunarefni á þessum slamm-áburðar svæðum. EDTA getur hugsanlega hjálpað tímabundið við að binda næringarefni, sem eru af skornum skammti í íslenskum jarðvegi og komið í veg fyrir tap næringarefna. Í jarðgerð brotnar

EDTA niður, ef það er að finna á annað borð og veldur þar af leiðandi ekki neinum vandræðum.

Niðurstöður um efnainnihald slamms úr mjólkurbúi hjá López-Mosquera *et al.* (útgefinn 2000) er góður samanburður við niðurstöður okkar. Fosfat, P_2O_5 , mældist á meðaltali 0,16%. Í rannsókninni hjá López-Mosquera *et al.* (útgefinn 2000) var það 0,24%. Það þýðir að við erum með mjög svipað fosfat innihald í slamminu á báðum stöðum. Þó er fosfat innihald minna á Selfossi. Þar er hægt að komast að þeirri niðurstöðu að fosfat er aðgengileg næring fyrir plönturnar næstu 2 ár, og síðan eru áhrif þess engin. Það er nægjanlegt samkvæmt óskum Skógræktarinnar og Suðurlandskóga.

Köfnunarefni í slamminu á Spáni reyndist 0,260% af N. Sambærileg tala hjá Mjólkursamsölunni er meðaltal 0,659%. Það er rúmlega tvísvar sinnum meira en hjá López-Mosquera *et al.* (útgefinn 2000). Það liggur ekki fyrir hverskonar framleiðsla er í mjólkurbúinu á Spáni, en það hefur mikið að segja um hve mikið köfnunarefni er að finna. Hreinsunaraðferð skiptir líka máli og ekki var hægt að finna upplýsingar um það í rannsókninni heldur. Varðandi jarðgerðina og notkun slammsins sem áburður, ættu köfnunarefnin að vera mjög góð næring fyrir jarðveginn. Það skiptir máli í hvaða formi köfnunarefnið er, vegna þess að plönturnar þurfa að hafa köfnunarefnin í ákveðnu formi (mineralization). Rafleiðnin eykur upptöku á köfnunarefninu og breytingu þess til aðgengilegra forms fyrir plöntur. Rafleiðni segir um jónainnihald slammsins og það er frekar hátt af þeirri ástæðu að það er mikið notað af NaOH og HNO_3 sem þvottaefni í CIP kerfum. Það er væntanlega að finna mikið af KOH og jónum þess. Það er líklegt að köfnunarefnisinnihald slamsins auki næringargildi slammsins sem áburðar.

Niðurbrot efnasambanda er hraðara á Spáni vegna hlýrra loftlags en hér á landi. Það er hinsvegar mjög gagnlegt að vera í kaldara loftslagi, vegna þess að þá virka næringaefni lengur. En það er hægt að orða það

líka svo, að vaxtarhraði trjáa (og annarra planta) er hraðari á Spáni, vaxtarhraðinn er hægarí á Íslandi. Þá er heildarniðurstaðan sú, að næringarleg áhrif eru mjög svipuð í báðum tilfellum, en tímaramminn er lengri á Íslandi.

5.9. Jarðgerð

Það er hægt að segja að jarðgerð er mjög mikil í frárennslisstöðum, t.d. í Finnlandi. Þar er jarðgerð notuð til að eyða bæði heimilissorpi og frárennslí úr bæjarkerfum. Moltan er síðan notuð sem áburður eða jarðvegsbætir.

Jarðgerðargámur væri mjög góð lausn fyrir nýtingu slammsins. Það væri hægt að búa til moltu í samvinnu við Skógræktina og/eða Suðurlandsskóga. Moltan er miklu næringarríkari en slammið eitt og sér. Moltan helst næringarrík í mörg ár. Hún myndar vernd fyrir næringarskertan jarðveg á Íslandi og hefur gott steinefnainnihald.

Það er hægt að farga slammi með þessari leið án þess að hafa skaðleg áhrif á umhverfið. Það væri hægt að endurvinnna bylgjupappír frá Mjólkursamsölunni og skógarúrgang frá Skógræktinni og slá þar tvær flugur í einu höggi.

Rekstrarkostnaður er ekki mikill fyrir jarðgerðargáminn, þó er fjarfestingarkostnaður frekar hár. Erlendis er oft farin sú leið að selja moltuna. Það er mjög góð leið og er þar möguleiki að dekkja kostnað við rekstrur gámsins. Það væri líklega hægt að fá rúmlega 10 m.kr. tekjur frá sölunni á ári.

Það sem kom á óvart var að samkvæmt útreikningum er ekki hægt að nota bara einn jarðgerðargám. Slammið er ekki eins mikið og áætlað var, en þrátt fyrir það þarf tvo gáma og slíkt hækkar fjárfestingarkostnaðinn. Áhugavert væri að skoða þann möguleika, hvort hægt væri að setja slammið í einn jarðgerðargám þegar búinð væri að þykkja það upp með fjölliðum.

5.10. Rekstrarkostnaður

Í samantekt á rekstrarkostnaði kemur jarðgerð og urðun á slammi best út. Urðun er ekki mjög umhverfsvænn möguleiki, auk þess sem það þykir nokkuð víst að móttökugjöld á urðunarstöðum komi til með að hækka verulega í framtíðinni. Notkun á ómeðhöndluðu slammi sem áburður er frekar ódýr lausn. Það getur þó valdið vandræðum vegna þess að það hækkar jónainnihald jarðvegsins að nota slammið. Efnasambönd síga niður í jörðina og geta lent í grunnvatni, lækjum og ám. Það er mikilvægt að kanna stöðugt mengun á slammbornum svæðum.

5.11. Fjölliður

Það sem var prófað var að þykkja upp slammið, m.a. vegna þess að það er mjög kostnaðarsamt að flytja slamm með yfir 80% af vatni sem og að hugsanlega er hægt að minnka fjárfestngarkostnað fyrir jarðgerðartæki. Þetta var gert með því að prófa fjórar mismunandi fjölliður frá fyrirtækinu Kemira.

Það gekk frekar illa til að byrja með að fá fjölliðurnar til að virka. Slammið er frekar hátt í þurrefni fyrir fjölliðurnar. Að meðaltali er þurrefnið 12,5%. Það er ekki hægt að blanda fjölliður nógu hratt án þess að skemma byggingu þeirra. Fjölliður eru mjög viðkvæmar í vatni. Því var prófað að þynna slammið með vatni, blanda fjölliður og fella slammið síðan. Þessi aðferð gaf góðar niðurstöður. Þumallputtareglan er að slammið átti að vera með þurrefnin kringum (hámark) 4%. Bætt var 6-12 mg. af fjölliðum á þurrefnisgramm af slammi.

Fitan í slamminu er aðallega tríglýseríð. Hún ætti að vera óhlaðið út á við. Mjólkursykurinn er óhlaðinn. Það sem ræður hleðslu í slammi er prótín og jafnhleðslupunktur þess. Þegar $pH > pI$ prótíns er hleðslan neikvæð og ef $pH < pI$ prótíns er hleðslan jákvæð. Sýrustig í slamminu er rétt undir eða ofan jafnhleðslupunkti prótínsins. Því má segja að um sé að ræða óhlaðið eða jákvætt hlaðið prótín slamminu. Þetta er

hinsvegar ekki alveg svona einfalt og reynslan segir að almennt sé slammið neikvætt hlaðið út á við. Það er vegna þess að ýmis neikvætt hlaðin óhreinindi ásogast jákvætt hlaðnar agnir og geta þannig valdið því að agnirnar verði neikvætt hlaðnar út á við.

Slammið er því neikvætt eða óhlaðið út á við. Það er spurning um magn óhreininda hver hleðslan verður. Próttín gefur jákvæða hleðslu út á við, neikvætt hlaðnar agnir sogast að þeim og þar að leiðandi verður samansett ögn neikvætt hlaðinn út á við. Væntanlega er best að nota katjóniska (jákvætt hlaðna) fjölliðu.

Fennopol K1921 eru katjóniskar fjölliður og þær virkuðu best af þeim fjórum fjölliðasýnum sem voru prófaðar. Slammið átti að fella niður agnir og mynda botnfall. Það myndaðist lag efst á glösum. Það fór eftir þynningum og styrkleiki fjölliðublönduna hversu þykkt lagið var. Ef kögglar lyftast upp er það vegna þess að í slamminu er að finna efnasambönd í gasformi sem valda svo kallaðri “autoflotation”. Það kom í ljós að hluti þurrefnanna fóru í gegnum sigti. Það voru teknar tvær stikkþurrefnisprufur. Þurr% var 27-28%, sem er mjög góður árangur. Það er heppilegt ef fjölliður kekka agnir efst í slamminu, þá væri einfaldlega hægt að tappa vatnsfasanum undan slammtanknum eftir að fjölliðurnar hafa virkað og enda með þykkni í tanknum. Einnig væri hægt að kanna hvort hægt væri að aðskilja þetta með skilvindu. Þá fengist enn þurrara slamm.

Áhugavert væri líka prófa að setja fjölliður beint í fleytibúnaðin, áður en slamminu er dælt í vagn eða tank. Stærsta vandamálið við þessa hugmynd er að geta blandað fjölliðurnar nógu hratt í slammið í fleytibúnaðinum.

Fennopol K5060 eru katjóniskar, plús hlaðnar fjölliður sem prófaðar voru til að þykkja upp slammið. Slamm kekkjaðist strax við blöndun svipað og með Fennopol K1912. Það myndaðist toppur og botnfall. Skýringin getur verið sú að katjóniska fjölliðan bindst á neikvætt hlaðin óhreinindi og agnir sem bindast ekki á fjölliður sem eru jákvætt hlaðnar

og getur það akkúrat verið botnfallið. Líklega er hér um að ræða prótín. Samkvæmt þurrefnismælingum eru betri niðurstöður frá Fennopol K1912. Á viðmiðunarprufunni féllu fitan, prótín, óhreinindi og allar agnir til botns nema það sem er eðlisléttara en vökvinn eða það sem er í gasformi.

Fennopol A305 eru anjónískar fjölliður. Þær bindst jákvæðum ögnum sem geta verið prótín í frárennslinu. Það myndaðist mjög óskýr skipti milli vökva og botnfalls. Viðmiðunarprufan var með bestu aðskiljunina. Anjónískar fjölliður eiga að öllum líkindum að bindast ögnum sem eru með jákvæða hleðslu. Það er ekki mikið af jákvæðum ögnum í hreinsi-stöðinni. Próttín er jákvætt hlaðið út á við, en eftir að óhreinindi bindast við próttín verða agnir neikvætt hlaðnar út á við. Sýrustig er undir jafnhleðslupunkti hjá kaseini (4,6). Það er meira undir pI fyrir hin próttínin líka. Þar að leiðandi hafa anjónískar fjölliður frekar lítil áhrif til að binda agnirnar í slamminu.

Fennopol A321 eru anjónískar fjölliður og virkuðu þær ekki eins hratt eins og katjónískar. Það myndaðist lag ofan á slamminu (líkist það fitulagi) og vatninu um leið og blönduninni var lokið. Fitin, sem er óhlaðin, lyftist upp og aðskildi sig af annarri ástæðu en vegna fjölliða. Fitu aðskiljun er eiginlega bara alveg eðlisfræðilegt fyrirbæri og gerist hvort sem er með eða án fjölliða.

6. Lokaorð

Spurningin var hvað væri hagstæðast og hver væri besti nýtingarmöguleikinn fyrir slammið. Það var athugað hvað væri fjárhagslega bestu lausnin, til að auka ekki kostnaðinn á þessum stigi frárennslis-hreinsunar.

Það er hagstæðast að jarðgera slamm. Fjárfestingin er dýr en rekstarkostnaður lágur. Það er líka möguleiki að hafa tekjur úr sölu moltunar. Fjárfestingarkostnaðinn væri hægt að minnka með því að þykkja slammið enn frekar með fjölliðum eða bæta nýtingu.

Það kom í ljós af það er notað mikið vatn í mjólkurbúum á Íslandi. Það vantar fleiri rannsóknir til að finna út hvar væri hægt að minnka vatnsnotkun og verður það alveg örugglega eitt af framtíðar verkefnum hjá Mjólkursamsölunni á Selfossi. Þetta sama er hægt að segja um efnasamsetninguna á slamminu.

Það sem kom á óvart var hvað mikið kostar að þurrka og “farga” slamminu hjá Kjötmjöli. Það er væntanlega vegna þess að það er mikið vatn í slamminu. Það væri ágætis möguleiki ef hægt væri að þurrka slammið betur og farga því með þessari leið.

Það voru að vissu mistök í hönnun, þegar ákveðið var að setja vatn frá gólfum vinnslunnar saman við vinnsluvatn frá tækjum. Ef það væri ekki gert væri meira líkur á að hægt væri að nota slammið sem fóður fyrir dýr. Á sama hátt er líka hægt að segja, að það væri hægt að safna saman vatnsblandaðri mjólk í sér tank, þurrka hana og selja sem dýrafóður. Það væri líka hægt að endurvinna prótín sem fer í frárennsli og nýta það betur.

Það sem er mjög gott, er að það er hægt að nota slammið sem áburð fyrir skógarbelti. Það inniheldur mikið að næringarefnum sem vantar í næringarsnaudan jarðveg á Íslandi. Það eru til erlendar rannsóknir á þessu sviði og lofar þessi möguleiki góðu. Það þarf þó að gera fleiri rannsóknir til að geta svarað fullkomnlega til um nothæfi slammisins

sem áburðar. Auk þess sem langtíma umhverfisáhrif þess eru ennþá óljós.

Það er líka hægt að jarðgera slamm í jarðgerðargámnum með öðrum úrgangi. Það er þó frekar dýr möguleiki til að byrja með en borgar sig með tímanum. Ef moltan væri seld væri hægt að skapa tekjur af jarðgerð. Rekstrarkostnaðurinn er minnstur við jarðgerð.

Möguleiki til að framleiða metangas úr slamm er fyrir hendi. Það er framleitt á einum stað á Íslandi og er það á urðunarstaðnum í Álfsnesi í Reykjavík. Það væri líka frekar dýrt að flytja slammið þangað á hverjum degi. Þessi kostnaður var ekki kannaður.

7. Heimildaskrá

Walstra P. (1996). Dispersed systems: Basic considerations. Í *Food chemistry*, 3.útg., bls.95-151. Ritstj.: Fennema O.R. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

Swaisgood H.E. (1996). Characteristic of milk. Í *Food chemistry*, 3.útg., bls.842-876. Ritstj.: Fennema O.R. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.

Alivaara E. (1971). *Voi, Raaka-aine, valmistus, arvostelu*. Rauma: OY Länsi-Suomen Kirjapaino.

E.W.Nielsen (2001). *Mælkekemi*. Odense SØ: Erhversskolernes forlag.

G. Bylund, Anon (2003). *Dairy Processing handbook*. Malmö: LP Grafiska

A.N.Glazer, H. Nikaido (1995). *Microbial biotechnology, fundamentals of applied microbiology*. New York, USA: W.H. Freeman and Company

N. Trautmann & E. Olynciw (2006). Cornell Composting, Science & Engineering. <http://www.css.cornell.edu/compost/microorg.html>.

Madigan M.T., Martinko J.M & Parker J.(2003). Brock biology of organisms, 10. útg. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc.

Gick B.R. & Pasternak J. J.(2003). *Molecular Biotechnology, principles and applications of recombinant DNA*, 3.útg. Washington D.C: ASM press.

Adams M.R.& Moss M.O. (2004). Food microbiology, 2.útg. Cambridge, UK: *Royal society of chemistry*.

Anon. (2006) Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Composting>. Uppfærsla ágú. 2006.

E. Korrström & M. Lampi (2001). Best available techniques (BAT) for the Nordic dairy industry, TemaNord 2001:586. Danmörk: *Nordic council of ministers, environment. Ekspresen Tryk & Kopicenter*.

J.McMurry (2003). Fundamentals of Organic chemistry, 5.útg. Pasific Grove, CA, USA: *Thomson Brooks/Cole*.

López-Mosquera M.E., Moirón C. & Carral E. (2002). Residual effect of dairy sludges as fertilizer on new Spain tree cover grassland production. Í *Lowland and Grasslands of Europe: Utilization and Development*, bls.282. Ritstj.: Fisher G. & Frankow-Lindberg B. : FAO / CIHEAM

López-Mosquera M.E., Moirón C. & Carral E. (2000). Use of dairy-industry sludge as fertilizer for grasslands in northwest Spain: heavy metal levels in the soil and plants. *Resources, Conservation and Recycling* **30 (2)**, 95-109.

Flynn J. & Finegan J. (1995). Base material, growing medium and fertilizer all containing dairy waste products and processes for the manufacture thereof. World Intellectual Property Organization: <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?WO=1997/22569>.

Anon. (2006). Lenntech. <http://www.lenntech.com/sludgesorts.htm>.
Uppfærsla 2004.

Anon. (2006). Lenntech. <http://www.lenntech.com/Flotation.htm>.
Uppfærsla 2004.

Anon. (2006). Digital analysis corp.
<http://www.phadjustment.com/NeutralizationChemicals.htm>.

Anon. (2006). United Nations Environment Programme, UNEP.
http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Freshwater/SB_summary/10.asp

Anon. (2006). Lenntech. <http://www.lenntech.com/food-beverage-dairy.htm>. Uppfærsla 2004.

Anon. (2001). Disposal and recycling routes for sewage sludge. Part 1-
sludge use acceptance report. Luxembourg: *Office for Official
Publications of the European Communities.*

Holum J. R. (1997). Fundamentals of general, organic and biological
chemistry, 6.útg. United states of America: *John Wiley& Sons, Inc.*

**Jón Óttar Ragnarsson, Ólafur Reykdal, Ragnheiður Héðinsdóttir
& Dóróthea Jóhannsdóttir (mars 1983).** Rannsókn á íslenskri mjólk
og mjólkurafurðum, fyrri hluti. Fjölrit RALA nr.97

Lindvall O., Nikkarinen J., Ristilä J. (1998). Flokkulanttien käyttö
kiintoaineen erottamisessa vesistä. Finland: *Kemira Chemicals Oy.*

Sigþór Pétursson (2003). Lífefnafræði, 2. útg. Akureyri: *Háskólinn á Akureyri*.

Sigþór Pétursson (2004). Efnasamsetning matvæla. Akureyri: *Háskólinn á Akureyri*.

Anon (2007). Metan hf. <http://www.metan.is/user/home>. Uppfærsla 10. jan.2007

Masterton W.L. & Hurley C.N. (2001). Chemistry principles and reactions, 4.útg.United States of America: *Brooks/ Cole Thomson learning*.

Anon. (2007). Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/EDTA>. Uppfærsla 26.jan.2007

Anon. (2006). Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Phosphonate>, Uppfærsla 19.des.2006.

Loperana L., Ferrari M. D., Saravia V., Murro D., Lima C., Ferrando L., Fernández A. & Lareo C. (2006). Performance of a commercial inoculum for the aerobic biodegradation of a high fat content dairy waste. *Bioresource Technology* **98** (2007), 1045-1051.

Jarmo Juurinen, munnleg heimild, 8.mars 2006

Anon. (2001-2007). Oxoid. <http://www.oxid.com/UK/blue/msds/getMSDS.asp?pr=CM0107&ph=3&c=UK&lang=EN> , Uppfærsla 2001-2007

Anon. (2001-2007). Oxoid.
http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=CM1031&sec=&org=&c=UK&lang=EN , Uppfærsla 2001-2007

Anon. (2001-2007). Oxoid.
http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=CM0463&sec=&org=&c=UK&lang=EN , Uppfærsla 2001-2007

Anon. (2001-2007). Oxoid.
http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=CM1046&sec=&org=&c=UK&lang=EN , Uppfærsla 2001-2007

Anon. (2001-2007). Oxoid.
http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=FT0401&sec=&org=&c=UK&lang=EN , Uppfærsla 2001-2007

Anon. (2001-2007). Oxoid.
http://www.oxid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=FT0201&sec=&org=&c=UK&lang=EN , Uppfærsla 2001-2007

Anon. (2001-2007). Oxoid.
http://en.wikipedia.org/wiki/Agar_plate#Blood_agar_types, úppfærsla
5.apríl 2007

Viðauki 1.

Tafla 1. Efnainnihald mjólkur, sundurliðað (Nielsen, 2001).

1. Vatn	870g/kg
2. Fituhluti	43 g/kg
3. Kolvetni	46 g/kg
4. Prótín og önnur N-efnasambönd (Nx6,38)	34 g/kg (29-50 g/kg)
<i>Kaseín (75-79% af N)</i>	26,2 g/kg
α_{s1} -kasein (38%)	10 g/kg
α_{s2} -kasein (10%)	3 g/kg
β -kasein (35%)	9 g/kg
κ -kasein(13%)	3 g/kg
γ -kasein (4%)	1 g/kg
<i>Mysupróttín (13-17% af N)</i>	5,8 g/kg
β -laktóglóbúlín (45%)	2,6 g/kg
α -laktalbúmín (17%)	1 g/kg
Blóðsermialbúmín (6%)	0,3 g/kg
Immúnóglóbúlín (11%)	0,6 g/kg
NPN (N-efnasambönd sem eru ekki prótín)	1,1 g/kg
5. Aska	7,5 g/kg
Kalsíum	1,2 g/kg
Magnesium	0,12 g/kg
Kalíum	1,6 g/kg
Natríum	0,5 g/kg
Fosfát (PO ₄)	2,9 g/kg

Viðauki 2.

Tafla 2. Fitusýrusamsetning mjólkurfitu (Alivaara, 1971).

Fitusýra	Efnaformúla	C-keðja	Sumarmagn	Vetrarmagn	Bræðslu- mark
Smjörσύra	C_3H_7COOH	C4	3,90%	4,20%	-7,9°C
Kaprónsýra	$C_5H_{11}COOH$	C6	2,80%	3,10%	-3,9°C
Kaprylsýra	$C_7H_{15}COOH$	C8	1,60%	1,80%	16,3°C
Kaprinsýra	$C_9H_{19}COOH$	C10	3,10%	3,80%	31,3°C
Laurinsýra	$C_{11}H_{23}COOH$	C12	3,30%	4,10%	44,0°C
Myristinsýra	$C_{13}H_{27}COOH$	C16	10,70%	12,40%	54,4°C
Palmitinsýra	$C_{15}H_{31}COOH$	C16	25,10%	30,30%	62,9°C
Stearinsýra	$C_{17}H_{35}COOH$	C18	10,00%	8,10%	69,6°C
Oljasýra	$C_{17}H_{33}COOH$	C18	23,10%	18,20%	16,3°C
Linolsýra	$C_{17}H_{31}COOH$	C18	3,00%	2,40%	-5°C
Linolensýra	$C_{17}H_{29}COH$	C18	1,00%	0,70%	-14,4°C
Arakidonsýra	$C_{19}H_{31}COOH$	C20			-49,5°C

Viðauki 3.

Tafla 3. Jafnhleðslupunktur mjólkurprótína (Swaisgood H.E. 1996).

	Hleðsla við pH 6,6	Jafnhleðslu- punktur (pI)
α_{s1} -kasein B-8P	-21,90	4,94
α_{s2} -kasein A-11P	-13,80	5,37
β -kasein A2-5P	-13,30	5,14
κ -kasein B-1P	-2,00	5,90
β -laktóglóbúlín B	-10,00	5,34
α -laktalalbúmín B	-2,60	4,80

Viðauki 4.

Tafla 5. Ensím í mjólk (Fennema, 1996).

Oxidoreductasa	Hydrolasa
Xanthine oxidasa	Proteinases
Katalasa	Lipasa
Sulfhydryl oxidasa	Lysozyme
Lactoperoxidasa	Alkaline fósfatasa
Superoxidase dismutasa	Fósfoprotín fósfatasa eða fósfatasa
Glutathione peroxidasa	ATPasa
Diaphorasa	β -esterasa
Cytochrome c reductasa	Cholinesterasa
Lactate dehydrogenasa	α -amylasa
Lyases	β -amylasa
Aldolasa	5'-nucleotidasa
Carbonic anhydrasa	N-asetyl-b-D-glucosamidasa
Transferasa	
UDP-galactosyltransferasa	
Ribonucleasa	
γ -glutamyltransferasa	

Viðauki 5.

Tafla 5. Notkun hreinsiefna frá Rekstrarvörum árin 2004, 2005 og 2006

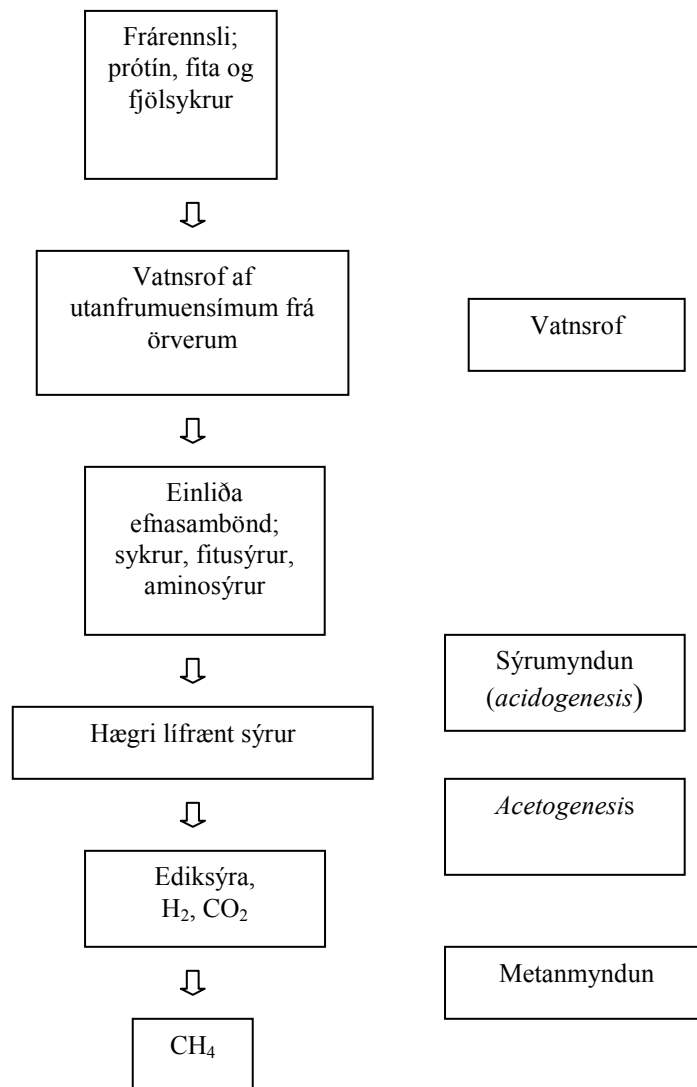
Rekstrarvörur		2004	2005	2006
		kg	kg	kg
P3-mip-FL		29.380,00	13.560,00	19.210,00
P3-mip-SP		405,00	1.524,00	108,00
P3-mip-FPC		80,00	180,00	180,00
P3-Z			100,00	
P3-ansep CIP		700,00	385,00	559,00
P3-oxonia AKTIV S		210,00	180,00	
P3-mip ALU		35,00		
P3-topax 18SK		870,00	990,00	900,00
P3-topax 56		24,00		
P3-topax 66		30,00		88,00
P3-topmaxx 420			105,00	105,00
P3-ultrasil 11		2.700,00	1.822,50	
P3-ultrasil 115			7.200,00	8.400,00
P3-ultrasil 53		100,00		
P3-ultrasil 75		518,00	1.352,00	
P3-ultrasil 02		180,00	510,00	190,00
P3-ultrasil 67	ensím		200,00	
P3-ultrasil 69	pH		250,00	150,00
RV-tjörusápa			400,00	1.650,00
RV-uppvottalögur		Ekki vitað	100,00	150,00
Klörtöflur				
P3-exxelerate				50,00
P3-ultrasil 73		25,00		
	Alls	35.257,00	28.858,50	31.740,00

Viðauki 6.

Tafla 6. Notkun hreinsiefna frá Tandri árin 2004, 2005 og 2006.

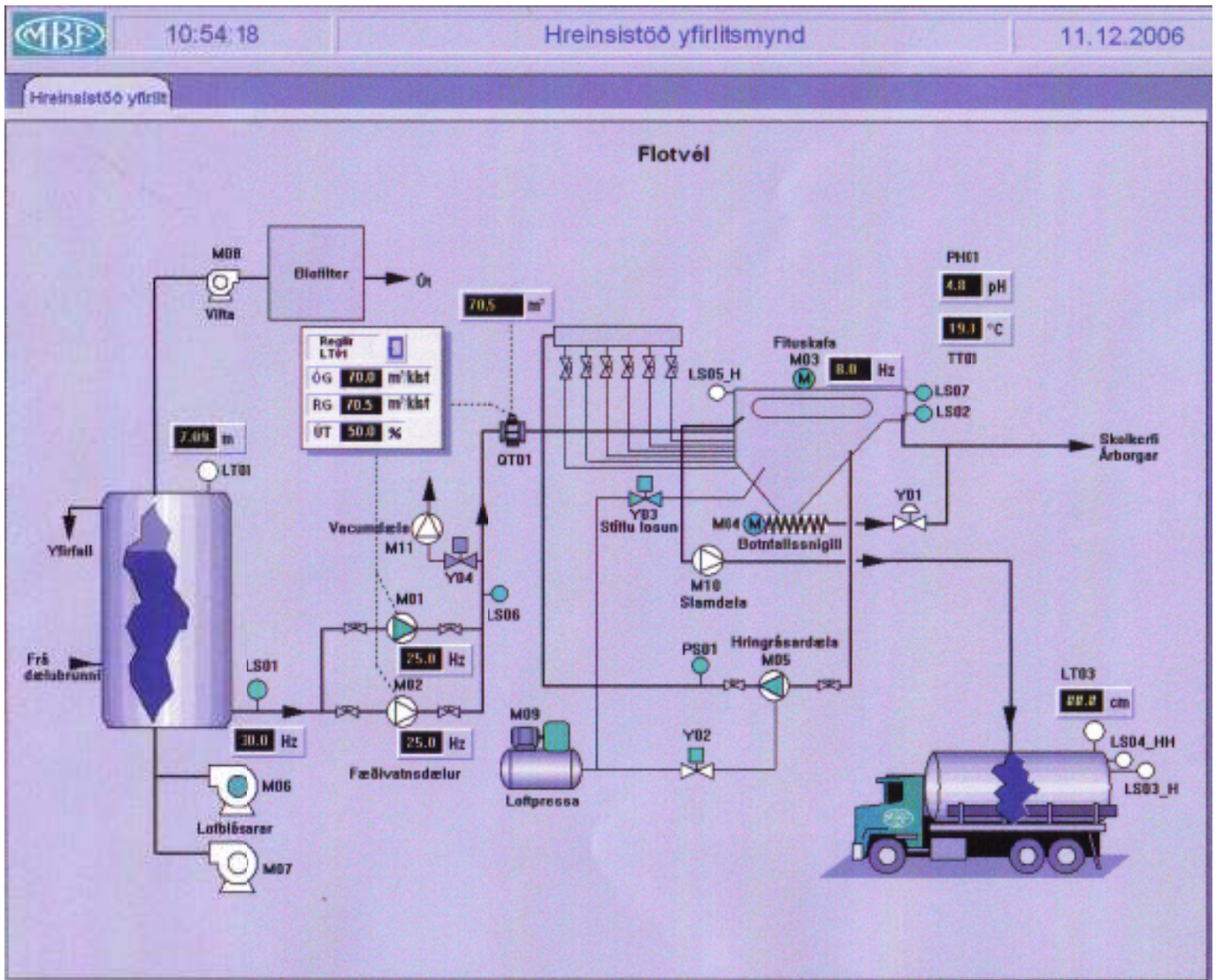
Tandur	2004	2005	2006
	Kg	Kg	Kg
Briltak 1 H fljótandi 1 KG	55.860	19.950,00	23.940
T-CIP Brite 1 KG		65.170,00	110.670
T-CIP 2000 1 KG			1.330
Saltpéturssýra 53%, 33kg		330,00	82.356
Saltpéturssýra 53%, 1200kg		9.600,00	
Dropi sóthr.uppvottalögur	Ekki vitað	Ekki vitað	1.290
Froðufellir			140
Klór 15%			260
Alls	55.860	95.050	219.986

Viðauki 7.



Mynd 1. Helstu örverufræðilegu niðurbrotsstig lífrænna efnasambanda.

Viðauki 8.



Mynd 2. Yfirlitsmynd af hreinsistöð.

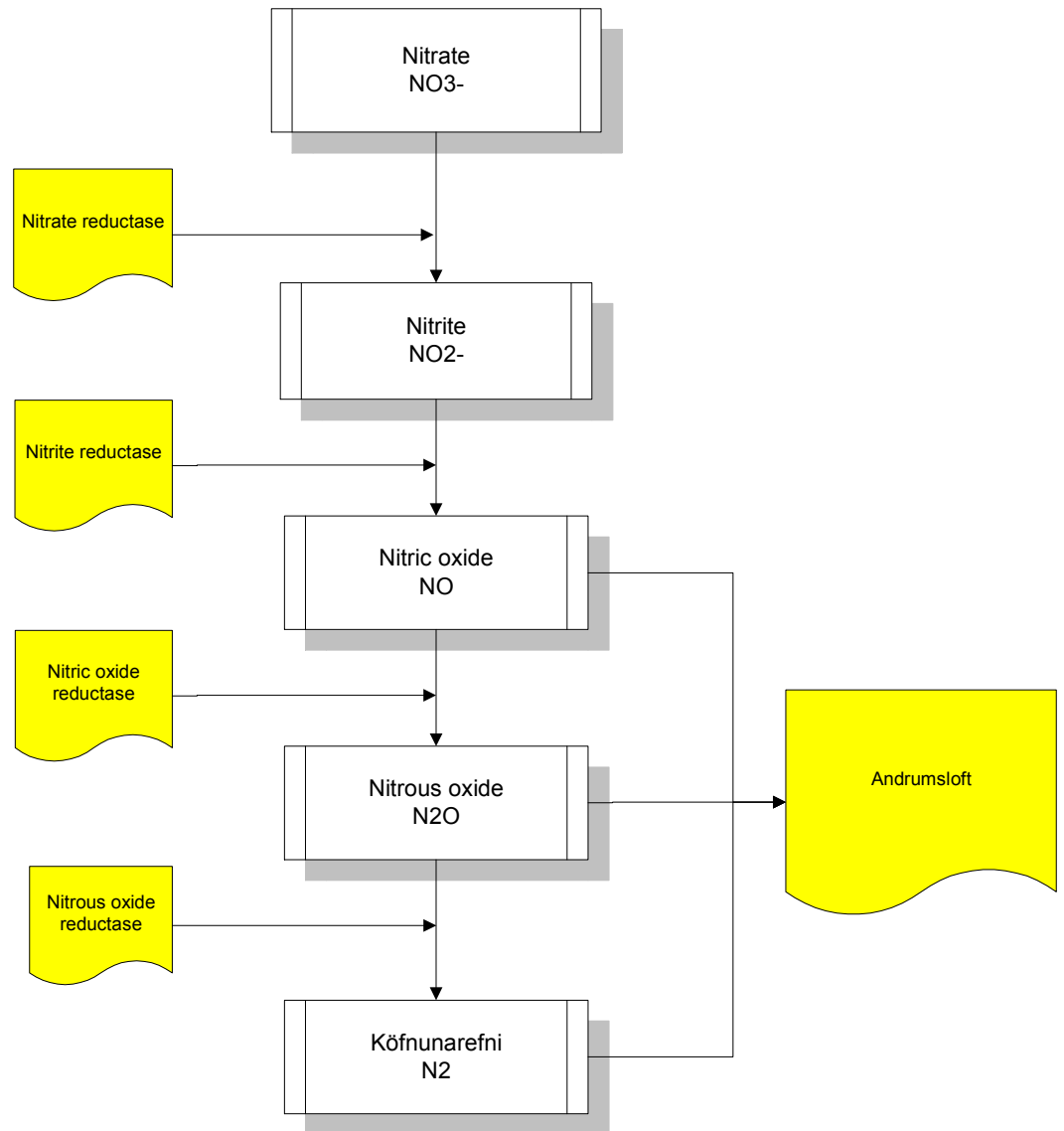
Viðauki 9.

Tafla 7. Mælingar á frárennsli frá hreinsistöð Valio Herajoki mjólkurbúsins.

Frankvæmdar mælingar	
Valio Oy Herajoen meijeri	
Daglega	Óháður aðili, tvisvar í mánuði
COD	pH
pH	Rafleiðni
Flæði	BOD7atu
Virka dagar	COD-cr
Köfnunarefni, N	Þurrefni
Tvisvar í viku	Heildarfósfat
Fósfor, P	Heildarköfnunarefni
	Ammóníumsambönd
	Fituefni
	Flæði

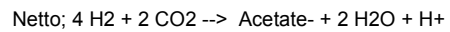
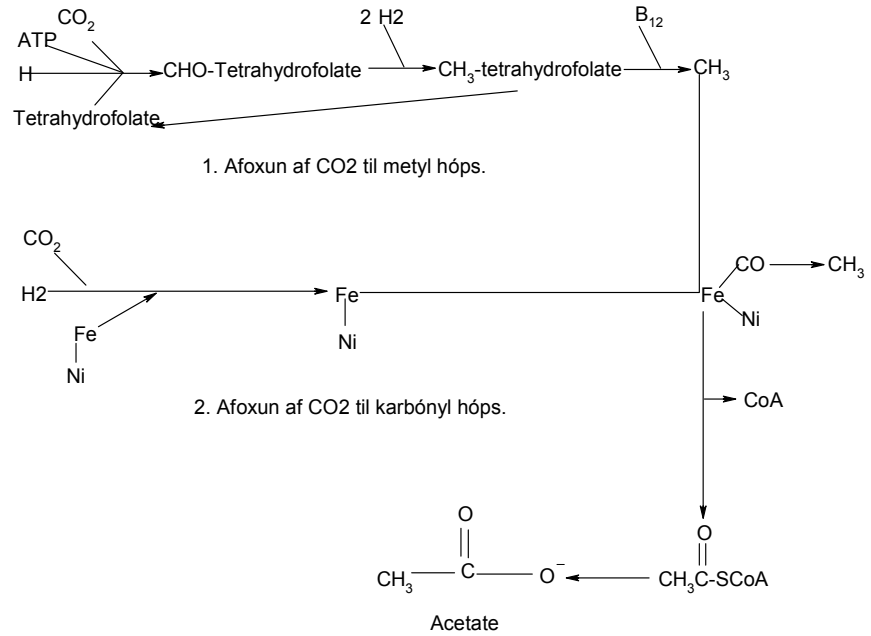
Niðurstöður í desember 2005				
Sýrustig	9,3-10,0	pH		
Rafleiðni	143-178	mS/m		
BOD7atu	1300-1600	mg/l	0,13-0,16	%
COD-cr	1600-2300	mg/l	0,16-0,23	%
Þurrefni	410-500	mg/l	0,041-0,05	%
Heildarfósfat	9,6-13	mg/l	0,00096-0,0013	%
Heildarköfnunarefni	78-89	mg/l	0,0078-0,0089	%
Ammoníumsambönd	4,7-7,3	mg/l	0,00047-0,00073	%
Fituefni	170-180	mg/l	0,017-0,018	%
Flæði	1101-1280	m ³		

Viðauki 10.



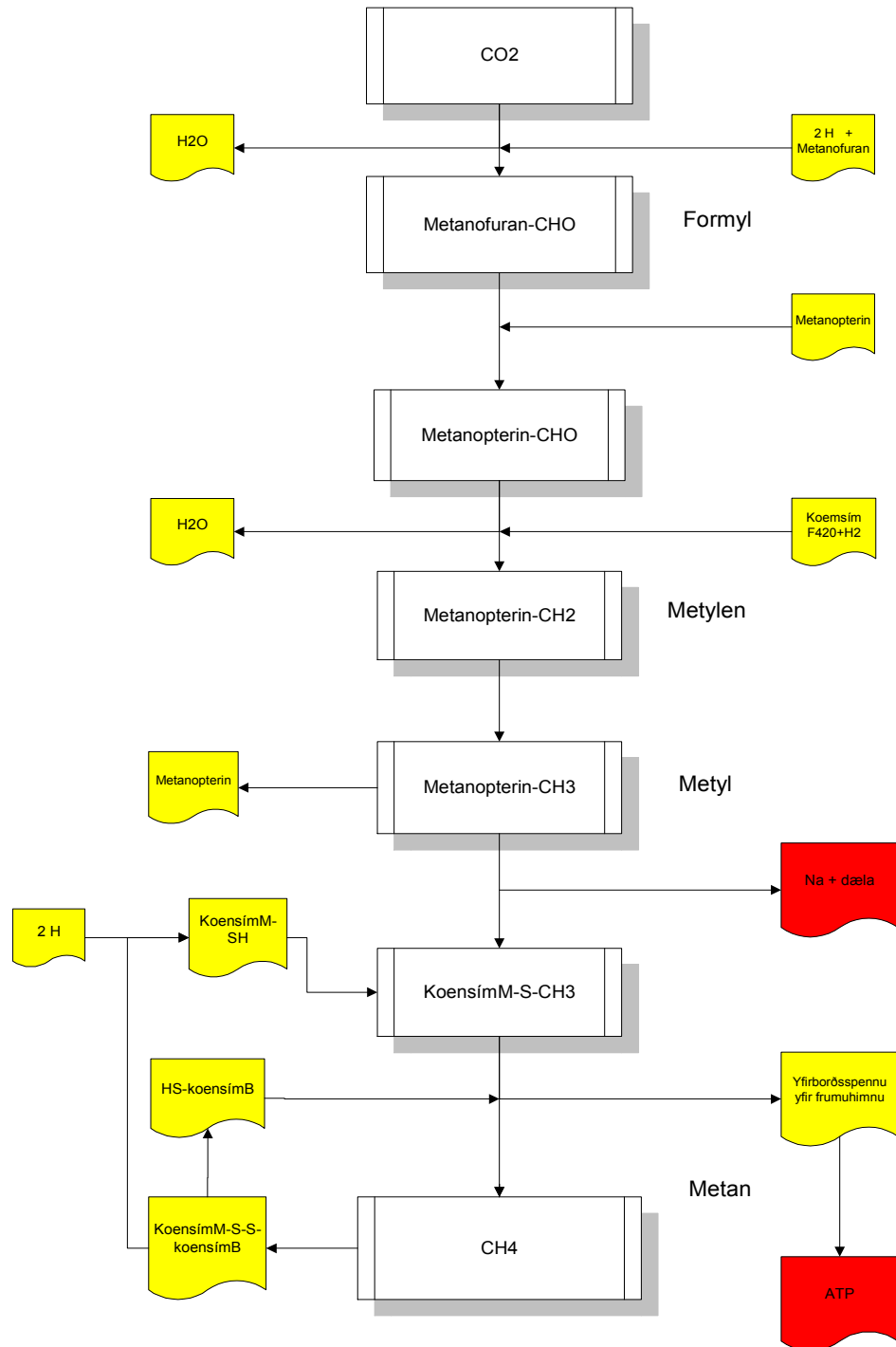
Mynd 3. Afnitrun og efnahvörf í ferlinu.

Viðauki 11.



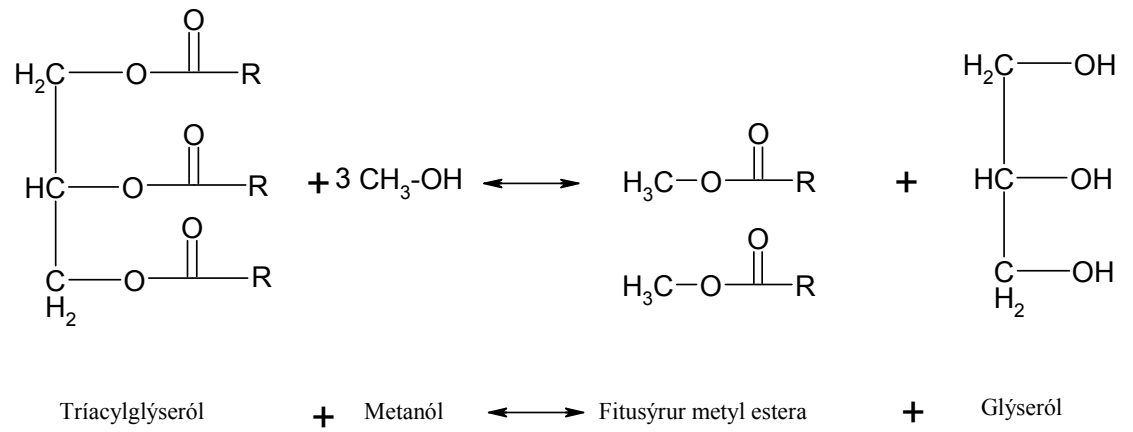
Mynd 4. Acetyl-CoA ferli.

Viðauki 12.



Mynd 5. Metanmyndun hjá metanbakteríum.

Viðauki 13.



Mynd 6. Umestrun fitusýrutríglýseríðs með metanóli.

Viðauki 14.



Mynd 7. Fjórar mismunandi fjölliður frá Kemira. Tvær katjónískar (K1912 og K5060) og tvær anjónískar (A 305 og A 321).



Mynd 8. Stilling sýrustigs kranavatns. Sýrustigið var stillt með einum dropa af brennisteinssýru.



Mynd 9. Blöndun og vakning fjölliða með því að hræra á hitaplötu (ca.20-30°C) í 60 mín.



Mynd 10. Blöndun fjölliða (katjónískar) K1912 í slammi. Þurrefnið skildist frá og settist efst í glasinu.



Mynd 11. Blöndun fjölliða (katjónískar) K5060 í slammi. Þurrefnið skildist frá og settist efst í glasinu.



Mynd 12. Blöndun fjölliða (anjónískar) A305 í slammi. Þurrefnið skildist frá og settist efst í glasinu og botnfall neðst. Viðmiðunarglas er lengst til hægri.



Mynd 13. Blöndun fjölliða (anjónískar) A321 í slammi. Þurrefnið skildist frá og settist efst í glasinu og botnfall neðst. Viðmiðunarglas er lengst til hægri.

Viðauki 15.

Tafla 8. Tilraunir með fjölliður. Í töflunni fyrir neðan koma fram blöndur slammsýna, styrkleiki fjölliða og magn fjölliða á þurrefni slamma.

K1912						
nr.	1	2	3	4	5	6
Lausn	0,05%	0,15%	0,20%			0
Þurr% slamm fyrir	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%
Slamm (g)	10,00	10,04	10,04	10,17	9,93	10,10
Vatn (g)	44,12	44,56	43,00	43,50	44,78	43,71
Þurr% eftir þynningu	3,95%	3,94%	4,05%	4,06%	3,88%	4,02%
Þurr% slamm eftir	27,10%	Ekki tekinn	Ekki tekinn	28,40%	Ekki tekinn	Ekki tekinn
Slamm (g) eftir þykkun	7,79	5,92	6,81	4,98	5,31	
Fjölliður (ml)	28,50	9,50	7,10	10,00	12,90	0,00
Fjölliður bætt í (mg)	14,25	14,25	14,20	20,00	25,80	0,00
Þurrefni (g)	2,14	2,15	2,15	2,18	2,13	2,16
Magn fjölliða á þyngd þurrefnis (mg/g)	6,66	6,63	6,61	9,19	12,14	0,00
Tapað þurrefni (g)	0,029			0,762		
% af upphaflegu magni	1,351			35,015		

K5060						
nr.	1	2	3	4	5	6
Lausn	0,05%	0,15%	0,20%			0
Þurr% slamm fyrir	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%
Slamm (g)	10,22	10,00	9,92	9,92	10,02	10,20
Vatn (g)	41,47	43,60	43,40	42,84	42,17	44,78
Þurr% eftir þynningu	4,23%	3,99%	3,98%	4,02%	4,11%	3,97%
Þurr% slamm eftir	27,67%	Ekki tekinn	Ekki tekinn	Ekki tekinn	25,50%	Ekki tekinn
Slamm (g) eftir þykkun	3,47	5,51	3,81	3,62	4,97	1,06
Fjölliður (ml)	28,50	9,50	7,10	10,00	12,90	0,00
Fjölliður bætt í (mg)	14,25	14,25	14,20	20,00	25,80	0,00
Þurrefni (g)	2,19	2,14	2,12	2,12	2,14	2,18
Magn fjölliða á þyngd þurrefnis (mg/g)	6,52	6,66	6,69	9,42	12,03	0,00
Tapað þurrefni (g)	1,226931				0,87693	
% af upphaflegu magni	56,099				40,896	

A305						
nr.	1	2	3	4	5	6
Lausn	0,05%	0,15%	0,20%			0
Þurr% slamm fyrir	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%
Slamm (g)	9,90	10,08	10,20	10,11	10,03	10,03
Vatn (g)	42,81	42,82	42,80	41,59	42,88	43,22
Þurr% eftir þynningu	4,02%	4,08%	4,12%	4,18%	4,06%	4,03%
Þurr% slamm eftir	Ekki tekinn	Ekki tekinn	Ekki tekinn	Ekki tekinn	Ekki tekinn	Ekki tekinn
Slamm (g) eftir þykkun	0,95	0,69	0,62	0,74	0,50	0,84
Fjölíður (ml)	28,50	9,50	7,10	10,00	12,90	0,00
Fjölíður bætt í (mg)	14,25	14,25	14,20	20,00	25,80	0,00
Þurrefni (g)	2,12	2,16	2,18	2,16	2,15	2,15
Magn fjölíða á þyngd þurrefnis (mg/g)	6,73	6,61	6,51	9,24	12,02	0,00

A321						
nr.	1	2	3	4	5	6
Lausn	0,05%	0,15%	0,20%			0
Þurr% slamm fyrir	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%	21,40%
Slamm (g)	10,02	10,31	9,99	10,05	9,98	10,12
Vatn (g)	45,12	43,42	43,60	44,49	44,47	44,00
Þurr% eftir þynningu	3,89%	4,11%	3,99%	3,94%	3,92%	4,00%
Þurr% slamm eftir	Ekki tekinn	Ekki tekinn	Ekki tekinn	Ekki tekinn	Ekki tekinn	Ekki tekinn
Slamm (g) eftir þykkun	0,80	0,79	0,40	0,53	0,54	0,69
Fjölíður (ml)	28,50	9,50	7,10	10,00	12,90	0,00
Fjölíður bætt í (mg)	14,25	14,25	14,20	20,00	25,80	0,00
Þurrefni (g)	2,14	2,21	2,14	2,15	2,14	2,17
Magn fjölíða á þyngd þurrefnis (mg/g)	6,65	6,46	6,64	9,30	12,08	0,00

Viðauki 16.

Tafla 9. Sýnatökuaðstæður í hreinsistöðinni.

	21.11.2006	22.11.2006	23.11.2006	24.11.2006	27.11.2006
Vatnsnotkun (m ³)	1.169	1.061	1.050	1.236	
Tímasetning gangsetningar fleytibúnaðar	14:10	15:00	15:00	13:35	08:13
Hæð í tanki við gangsetningu fleytibúnaðar gang (m)	4,87	6,33	5,28	4,60	5,93
Keyrslutími fleytibúnaðar fyrir sýnatöku (mín)	82	52	121	190	224
Tímasetning sýnatöku	15:32	15:52	17:01	16:45	11:57
Hæð í tanki við sýnatöku (m)	5,01	6,19	5,28	3,53	4,97
pH við sýnatöku	5,1	4,92	4,61	4,37	4,64
Hitastig við sýnatöku (°C)	23,7°C	24,9°C	24,9°C	22,92°C	21,°C

Viðauki 17.

Tafla 10. Tilraun með notkun slamms sem áburðar á skógarbelti.

Tilraun með notkun SLAMMS frá Mjólkursamsölunni á Selfossi á skjólbelti að Kambi í Flóa

Tilraunabelti 1	Aukaleg a	Tilraunabelti 2	Aukalega
Ekkert slamm	Kjötmjöl 40m	Slamm	Slamm 40m
Alls 120 m	NPK-áb. 40m	Alls 120 m	Slamm+ kjötmjöl 40m
	Viðmið 40m		Slamm+ NPK-áb. 40m
Slamm	Slamm 40m	Ekkert slamm	NPK-áb. 40m
Alls 120 m	Slamm+ kjötmjöl 40m	Alls 120 m	Viðmið 40m
	Slamm+ NPK-áb. 40m		Kjötmjöl 40m
Ekkert slamm	Viðmið 40m	Slamm	NPK-áb. 40m
Alls 120 m	NPK-áb. 40m	Alls 120 m	Kjötmjöl 40m
	Kjötmjöl 40m		Viðmið 40m
Slamm	Slamm+ kjötmjöl 40m	Ekkert slamm	Slamm+ kjötmjöl 40m
Alls 120 m	Slamm 40m	Alls 120 m	Slamm 40m
	Slamm+ NPK-áb. 40m		Slamm+ NPK-áb. 40m

Tveggja raða skjólbelti (eins í báðum röðum hlið við hlið)

Í fyrri röðinni eru víðitegundir (jörfa- eða alaskavíðir)

Í seinni röðinni eru ÝT-birki, reynir, ösp og greni

Slamminu er dreift jafnt yfir beðið, alls 120 m í senn, alls tvisvar sinnum í hvoru beltí. Svo er áburði og kjötmjöli dreift með höndum samkvæmt plani á 40 m bili.

Viðauki 18.



Mynd 14. Mynd af tilraunasvæði þar sem slamm er dreift af Suðurlandskógum.

Viðauki 19.

Tafla 12. Vatnsnotkun hjá Mjólkursamsölu á Selfossi.

2006			
Mánuð	Vatn (l)	Mjólkurmagn (l)	H ₂ O/ Mjólk (ltr)
Janúar	26.262.000	3.988.616	6,58
Febrúar	23.406.000	3.763.348	6,22
Mars	26.599.000	4.265.402	6,24
Apríl	25.623.000	3.994.098	6,42
Mái	30.060.000	4.541.007	6,62
Júní	29.450.000	4.016.555	7,33
Júlí	29.507.000	3.699.811	7,98
Ágúst	32.838.000	3.666.558	8,96
September	31.756.000	3.380.988	9,39
Október	30.869.000	3.577.546	8,63
Nóvember	31.205.000	3.656.831	8,53
Desember	21.222.000	4.024.126	5,27
Meðaltal	28.233.083	3.881.241	7,35
Alls	338.797.000	46.574.886	

Viðauki 20.

Tafla 14. Framleiðsla hjá Mjólkursamsölu á Selfossi, 20.11.2006-27.11.2006

Framleiðsla 20.11.2006-27.11.2006							
Vélasalur (ltr)	20.11	21.11.	22.11.	23.11.	24.11.	25.11.	27.11.
	Mán	Þri	Mið	Fim	Fös	Lau	Mán
Mjól Rvk	14000	32000	32000	50000	32000	0	32000
Undanrenna Rvk	18000	32000	32000	46000	0	0	32000
Mjól Selfoss	2900	3100	2700	2900	8200	0	3200
Léttmjól Selfoss	3400	3600	2700	4300	7500	0	3500
Undanrenna Selfoss	500	500	500	500	2100	0	500
Mjól fyrir SS	0	700	0	700	700	0	0
Kjörís	0	1000	0	0	0	0	550
Kókómjól	0	20400	20400	0	0	0	0
G-mjól	16000	16000	0	0	0	0	27000
Kaffirjómi	0	0	0	0	0	0	5800
Biomjól	0	0	3400	0	0	0	0
Þykkmjól	3200	0	0	0	0	0	2100
AB-mjól	4800	4800	4800	4800	0	0	4800
Létt-Ab-mjól	4800	4800	4800	0	0	0	4800
Lífræn Ab-mjól	0	1390	0	0	0	0	0
ABT	0	0	1400	0	0	0	0
Létt-abt	0	1000	0	0	0	0	0
Léttjóg	0	1500	2100	0	0	0	0
Sykurskert kókómj.	0	0	0	7500	0	0	0
Óskajóg.	1900	1200	0	1700	0	0	2700
Skólajóg.	1700	1600	3600	0	0	0	1400
Und. í kvarg	0	4000	10000	2400	0	0	0
Áfir í kvarg	0	5500	0	7100	0	0	0
Undanrenna í skil.							
Skyr	14000	0	0	10000	0	0	15000
Undanrenna í Skyr.is	15500	15000	8000	4500	0	0	17000
Léttmjól í SMS							
skyr	0	4000	0	0	0	0	0
Camembert	4000	0	0	5800	0	0	4000
Hrókur	1200	0	0	1200	0	0	1200
Kastali	2400	2800	0	0	0	0	2000
Gullostur	3100	0	0	0	0	0	0
Dímon	0	3600	6400	0	0	0	4400
Undanrenna í ost	490	490	490	0	0	0	490
Rjómi 22% í ost	1200	1200	1200	0	0	0	1100
Áfir í undanrennumjöl	0	0	0	0	35000	0	0
Nýmjöl	35000	35000	0	0	0	0	35600
Áfir í nýmjöl	2500	0	0	0	0	0	0
Mjól í tilraunir	0	450	0	0	0	0	0
Léttmjól í dr.jóg	0	3000	0	0	0	0	2900
Undanrenna í skydr.	6000	9000	12000	3500	0	0	9000
Áfir í skilvindaskyr	1000	0	0	0	0	0	0
Áfir í skyr.is	1500	1000	0	0	0	0	0
Létt Ab dr.	2700	0	0	2800	0	0	0
Lífræn mjól til Rvk	0	0	0	594	0	0	0

	Sent á Egilsstaði	4970	0	3285	0	3271	0	4970
	Fyrir frma rjómi	0	0	0	0	0	-6000	0
	Rjómi	9124	11111	9961	10038	731	0	11224
Alls.		175.884	221741	161736	166332	89502	-6000	229234
Birgðir		240.781	181261	160375	109010	161387	275874	208035
Innvigtun		211.321	158.821	140.850	107.867	141.879	108.487	213.000
Áfir		3600	3400	0	7100	0	0	0
Framleidd								
		Má	Þrið	Mið	Fim	Fö	La	Mán
Smjör (kg)	Saltað 1/4kg	2897						
	Ósaltað 1/4kg		2535					
	Sýrt smjör 25kg				5777			
Framleidd								
		Má	Þrið	Mið	Fim	Fö	La	Mán
Sýrðar vörur (kg)	Skyr		3700			2050		
	Bláberjaskyr					504		
	Skyr dr. jarð.	2932			2932			
	Skyr dr. van.	1453			1453			2907
	Skyr dr. mango		2861		1430			
	Skyr dr. hindb.			1474				
	Skyr dr. bláber			2888		1470		
	Skyr.is vanillu			3051				
	Skyr.is peru	1439						1439
	Skyr.is bláber		3527			1388		
	Skyr.is jarð.		2169					1466
	Skyr.is fersk/hind.			1173				
	Skyr.is melónu				1325			
	Skyr.is aprík.			1070				
	USA sk.van							
	USA sk. jarð				549			
	USA sk. blá				660			
	Abt rautt	1764			1764			2016
	Abt hreinn	220						220
	Abt van	630						
	Létt abt jarð.			610				
	Létt abt fersk/hb			638				
	Jólajóg	1280	1397	1280	2794			1397
	Skólajóg. súkkulaði							656
	Skólajóg. ferskju	651			651			
	Skólajóg. kar/epli		528					528
	Skólajóg. banana	635			635			
	Skólajóg. lakkrís			535				
	Létt ab.dr. hreinn					600		
	Létt ab dr. jarð.		1582			1582		
	Létt ab dr.hindb./fersk		1365			840		
	Létt jóg. jarð.				872			
	Létt jóg. van				662			

	Létt jóg. fersk/ástar.			872				
	Létt jóg. trefja			770				
	Létt jóg. kiwi				784			
	Óska jarðb.		808					
	Óska án ávaxta	600						
	Óska melónu		802					802
	Óska hnetu	1096	548			1316		
	Óska bl. ávextir			809				
	Óska kaffi			534				
	Óska trefja					578		
	Þykkmjólk jarð.		519					
	Þykkmjólk karamellu		522					
	Dr.jóg. perur			929				
	Dr.jóg. jarð.	1547		1547				2873
	Dr.jóg. melónu.	1120						
	Dr.jóg. ferskjur			765				765
	Dr.jóg.karamellu	1217						
	Alls	16584	20328	18945	16511	10328	0	15069
Framleidd								
		Má	Þrið	Mið	Fim	Fö	La	Mán
Mjólkupökkun (ltr)	Mjólk	2818,25	2993,25	2746	2817	7951,5		3210,75
	Léttmjólk	3307,75	3607,75	2625	4202	7328		3398,75
	Undanrenna	505	513	507	473	2055		515
	Rjómi	2565	2730,5	3388,25	3739,75	2227,25		1997,75
	Ab-mjólk	2520	2525	4490	3035	4295		4542,5
	Ab-mjólk m/jarðb.	2392,5	0	0	1780	0		0
	Ab-mjólk m/perur	0	3785	0	0	0		0
	Lífrænt ab-mjólk	0	0	1200	0	0		0
	Létt ab-mjólk	3220	3410	3165	4790	0		1440
	Létt ab-mj.ferskj	0	2500	0	0	0		0
	Létt ab-mj.suðr.							
	Ávöxtum	1492,5	0	0	0	0		1797,5
	Létt ab-mj.epli/gulræru	0	0	1385	0	0		1662,5
	Þykkmjólk jarðb.		3215	0	0	0		0
	Þykkmjólk peru/epli	1595	0	0	0	0		1985
	Þykkmjólk 6 korn	0	1630	0	0	0		0
	Þykkmjólk karam.	1260	0	0	0	0		1237,5
	Biomjólk jarð	0	0	0	1397,5	0		0
	Biomjólk perur	0	0	0	1092,5	0		0
	Biomjólk vanillu	0	0	0	875	0		0
	Dr.mysa	555	0	0	0	0		410
	Sr.mysa	810	0	0	0	0		400
	Sr.mysa í lausu	0	0	0	2000	0		1000
	Alls.	23.041	26.910	19.506	26.202	23.857	0	23.597

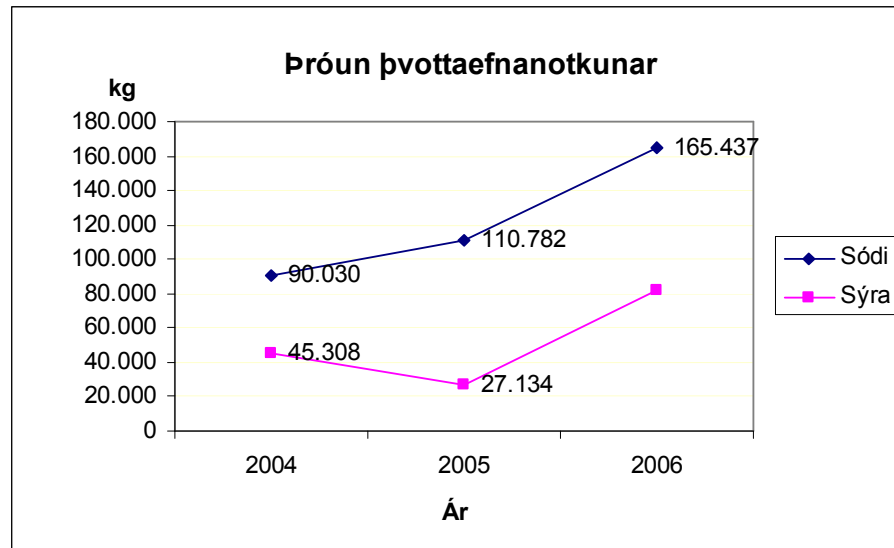
Framleidd		Má	Þrið	Mið	Fim	Fö	La	Mán
L&L (kg)	L&L rautt				1992			
	L&L grænt			2092				
	Klípa		2073,6					
	Smjör 10gr	327	360	396	369	153		315
Framleidd		Má	Þrið	Mið	Fim	Fö	La	Mán
Mygluostar (kg)	Camembert	462,75				639,3		469,2
	Hrókur	163				160		164
	Gull		713,6					
	Kastali		370					
	Blár kastali			370				
	Dímon			670,25	1065,1			
Framleidd		Má	Þrið	Mið	Fim	Fö	La	Mán
G-vara (ltr)	G-mjólk	15000	14742					25452
	Kókómjólk			20400	20400			
	Floridana app.epla gulr.					4700		
	Sykurskert kókómjólk					7500		
	Alls.	15.000	14.742	20.400	20.400	12.200	0	25.452

Viðauki 21.

Tafla 17. Rýrnun á G-vörum

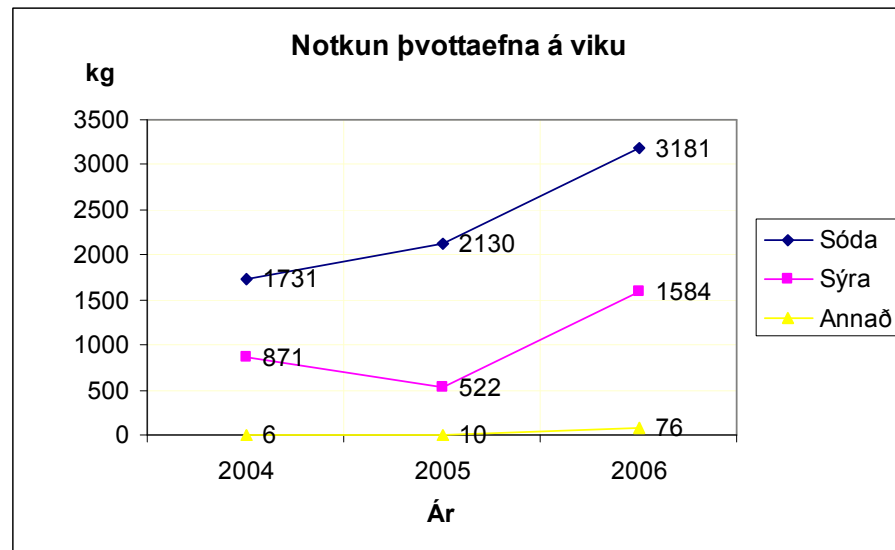
Rýrnun við keyrslu á UHT-tækjum á einu ári				
	Pökkunar- dagar	Tapað í hvert skipti	Skipti per dag	Alls per tegund
G-mjólk 1/4ltr	60	250	2	30.000
Kókómjólk 1/4ltr	141	250	2	70.500
Kaffirjómi 1/4ltr	12	250	2	6.000
G-mjólk 1/1ltr	20	250	1	5.000
Kókómjólk 1/1ltr	7	250	1	1.750
Ísblanda 1/1ltr	19	250	1	4.750
Jarðaberjaísblanda 1/1ltr	3	250	1	750
Alls	262	1.750	10	118.750

Viðauki 22.



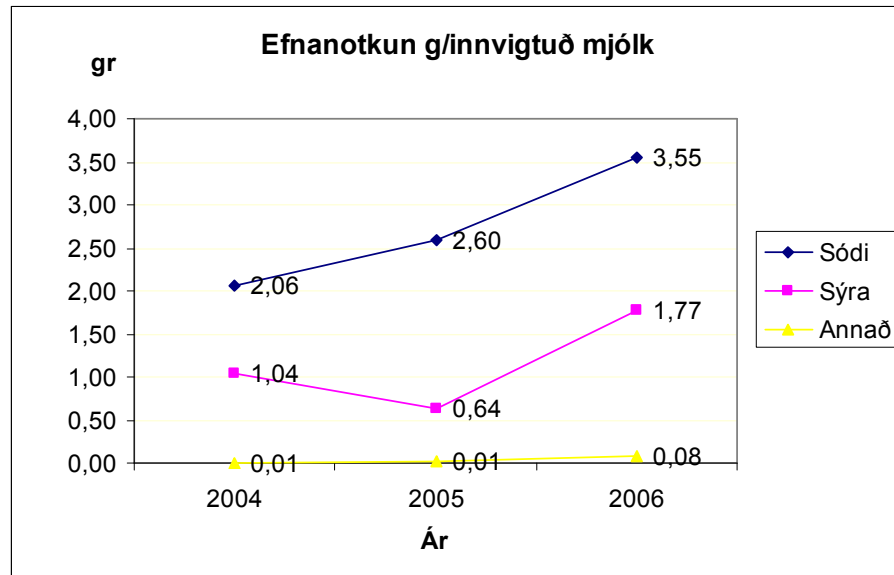
Mynd 16. Notkun þvottaefna milli ára.

Viðauki 23.



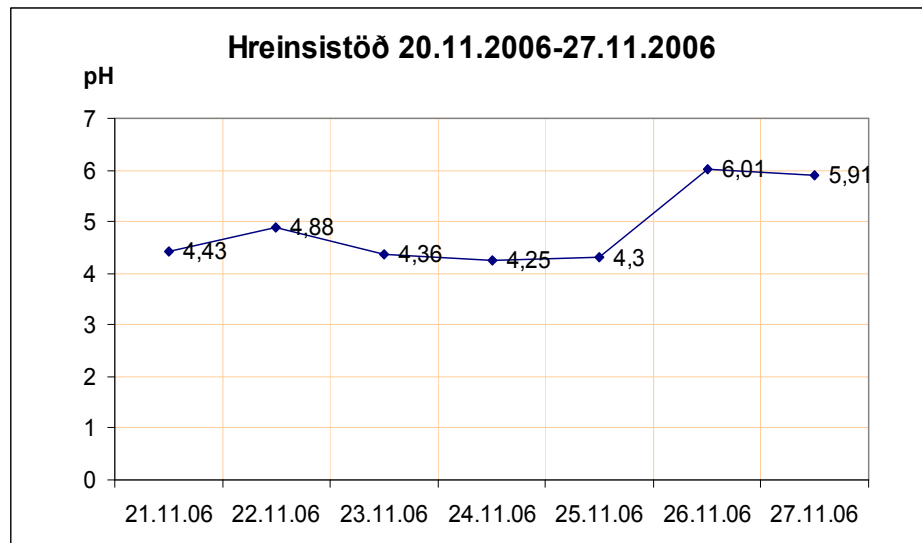
Mynd 17. Efnanotkun á viku.

Viðauki 24.



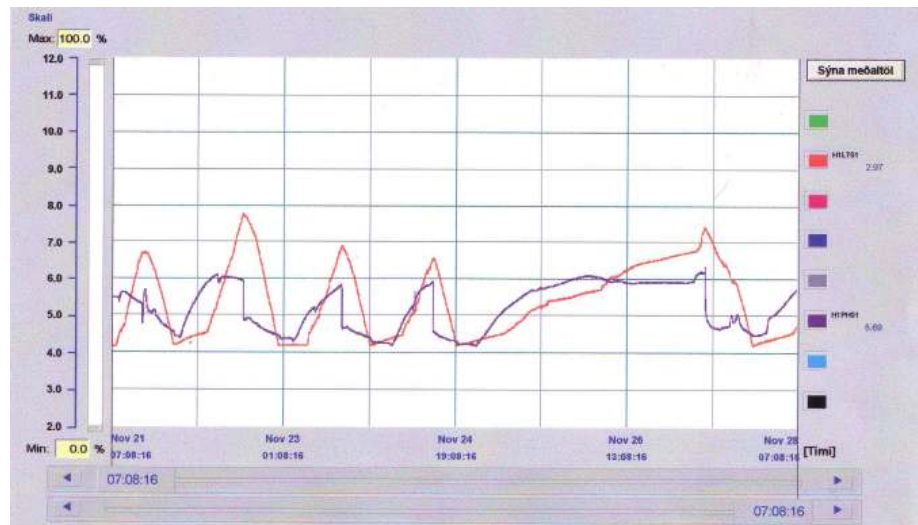
Mynd 18. Efnanotkun innvigtuðan mjólkurlitra (í grömmum).

Viðauki 25.



Mynd 19. Sýrustig í frárennsli frá hreinsistöð, 21.11.2006-27.11.2006

Viðauki 26.



Mynd 20. Sýrustig í frárennslis og hæð í pH-jöfnunartanki, 21.11.2006-27.11.2006. Rauða línan er fyrir hæð í pH-jöfnunartanki og bláa línan er fyrir pH-gildi frárennslis frá fleytibúnaði.

Viðauki 27.



Selfossi
Heilbrigðiseftirlit Suðurlands
co. Sigrún Guðmundsdóttir /Birgir Þórðarson
Heilbrigðisfulltrúi
Austurvegi 56
800 Selfoss

12.1.2007

Efni: Varðar notkun úrgang sem fellur til hjá hreinsistöð MS- Selfossi til áburðar.

Við höfum kannað möguleika á að nota úrgang/slammið sem fellur frá hreinsistöðinni. Áhugi er fyrir því að nota það sem áburð á trjágróður hjá Suðurlandskógum /Skógrækt Ríkisins.

Í dag er fráveitukerfi fyrirtækisins skipt upp í þrjú sjálfstæð kerfi. Skólp frá salernum, mótuneyti og starfsmannaaðstöðu, fer í sérstökum stofni og þaðan í fráveitukerfi sveitarfélagsins. Kælivatn og regnvatn af þökum og plönnum fer í sjálfstæðan stofn og þaðan beint Ölfusá. Í þriðja lagi fer allt vinnsluvatn í sérstakan stofn sem leiddur er að sérstakri dælustöð sem veitir því áfram í tank við hlið hreinsistöðvar fyrirtækisins. Í tanknum fer fram sýrustigsjöfnun í hreinsistöðinni fer fram fitufleyting í sérstökum búnaði þar sem öll laus fita er skilin frá (flotseyra). Vatnið fer síðan hreinsað yfir í fráveitukerfi sveitarfélagsins.

Á norðurlöndum er slammið notað í biógasframleiðslu, áburð eða sem bíodísel. Í Finnlandi er það mikið notað í jarðgerð en þar er verið að tala um úrgang sem fellur frá í bæjarkerfinu.

Það sem fellur frá hjá mjólkurbúinu er mjög góður grunnur fyrir áburð. Aðalþvottaefni sem eru notuð í MS-Selfossi eru ekki torleysanleg.

Efnasamsetningu á slamminu á MS-Selfossi voru á meðaltali 20.11.-27.11.2006

Prótein	4,00 %
Fita	7,38 %
Þurr	12,50 %
Aska	0,16 %
Kolvetni	0,96 %
P2O5	0,16 %
N	0,659 %
C	8,19 %

Þessi efnasamsetning er breytilegt eftir árstíma.

Hér með er óskað eftir álit Heilbrigðiseftirlitsins á notkun slammis frá hreinsistöð MS á Selfossi til áburðar á skjólbelti og skógrækt á afgirtum svæðum.

Virðingafyllst

F.h. Mjólkursamsölunnar Selfossi

Marjaana Hovi, Gæðamálefni

F.h. Suðurlandsskóga
ríkisins

F.h. Skógræktar

Harpa Dís Harðardóttir

Hreinn Óskarsson

Mynd 21. Fyrirspurn fyrir HES um jarðgerðartilraunum.

Viðauki 28.



Austurvegur 56 - 800 Selfoss

Sími 480 8220 - Myndsendir 480 8201 - Netfang hs@sudurland.is - Kennitala 480284-0549

Mjólkursamsalan ehf/ MS Selfossi
Marjaana Hovi
Austurvegi 65
800 SELFOSS

Selfossi, 8. febrúar 2007
0701032HS SG

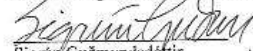
Efni: Notkun á úrgangi frá hreinsistöð MS Selfossi til áburðar.

Heilbrigðiseftirlit Suðurlands hefur móttekið bréf varðandi beiðni um álit embættisins á því hvort áhætta felist í að nota úrgang er fellur til í hreinsistöð MS Selfossi til skógræktar í tilraunaskyni á afgirtum svæðum.

Á fundi Heilbrigðisnefndar Suðurlands þann 6. febrúar sl. var málið tekið á dagskrá. Heilbrigðiseftirlit Suðurlands gerir ekki athugasemdir fyrir sitt leyti, við að umrædd tilraun verði gerð.

Heilbrigðiseftirlit Suðurlands fer fram á niðurstöður um leið og þær liggja fyrir.

F.h. Heilbrigðiseftirlits Suðurlands,


Sigrún Guðmundsdóttir
heilbrigðisfulltrúi

*Samrit sent: Harpa Dis Harðardóttir, Suðurlandsskógum og
Hreinn Óskarsson, Skógrækt Ríkisins*

Mynd 22. Svar frá HES um fyrirspurning um jarðgerðartilraunar.

Viðauki 29.

Tafla 20. Kostnaðargreining fyrir jarðgerð.

Fjárfestingarkostnaður				
	Verð		Fjárfesting	
Jarðgerðargámur	10.000.000	kr.	20.000.000	
Blandara fyrir slamm og stoðefni	5.000.000	kr.	5.000.000	
Viðartætarl	10.000.000	kr.	0	
Pappírstætari	5.000.000	kr.	0	
Tankur fyrir slamm	?	kr.	0	
			25.000.000	
Rekstrarkostnaður				
			2 vikur	Á ári
Rekstur 2 vikur/ einn gámur				
Blandari				
Rafmagnsnotkun 4,7 kWh á tonn	196	Kwh	1.252	32.558
Viðartætari/pappírstætari				
Rafmagnsnotkun 29,3 kWh á tonn	122	Kwh	0	0
Jarðgerðargámur				
Rafmagnsnotkun um 12 kWh á dag	144	Kwh	919	23.887
Skófluvél				
Dísilnotkun 1,25 lítrar á tonn	73	kr.	73	1.899
Launakostnaður 2000 kr./klst	16.000	kr.	16.000	416.000
Viðhaldskostnaður (2-3% af fjárfestingu)	750.000	kr.	28.846	750.000
			47.090	1.224.343

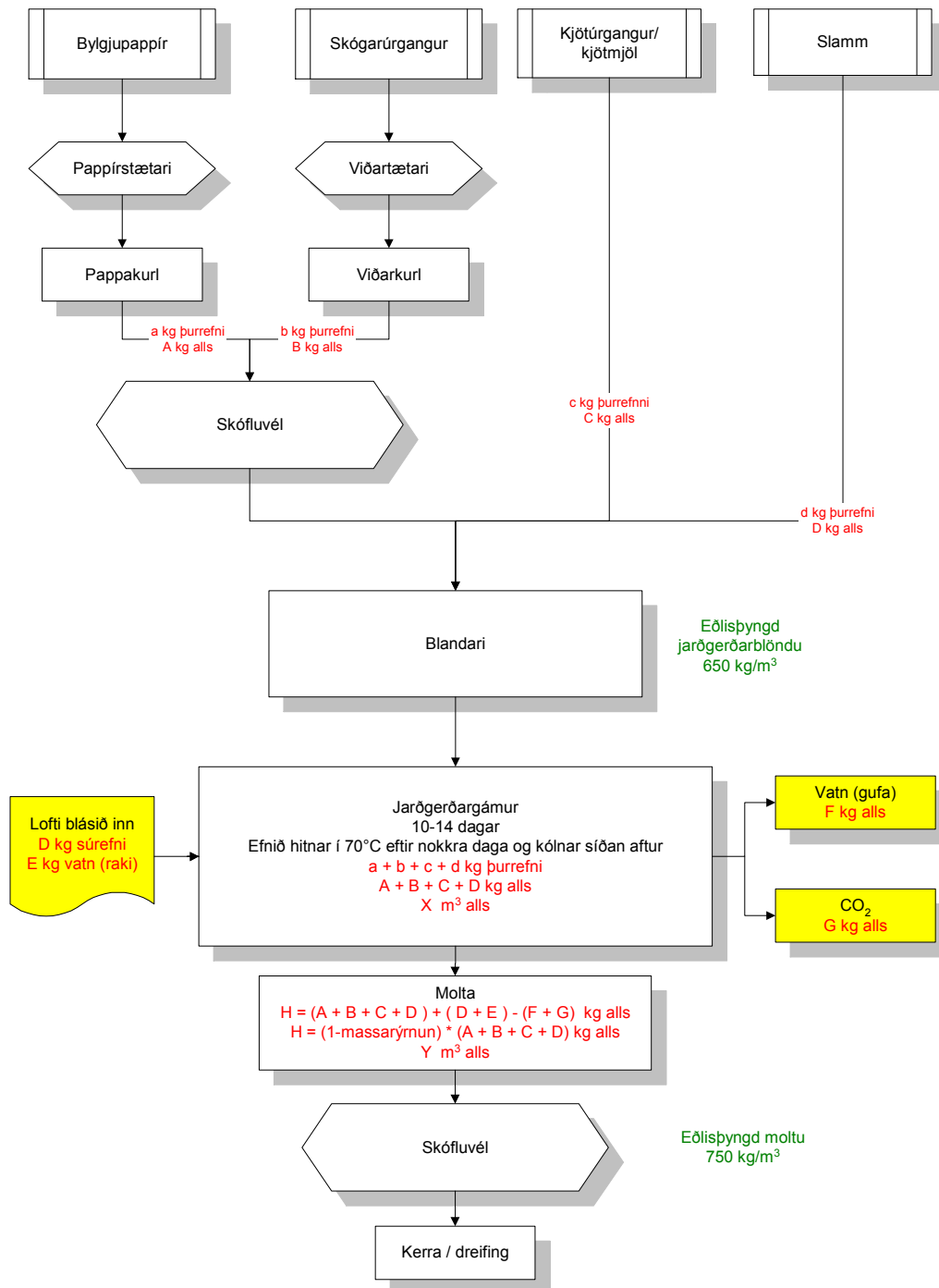
Ath.

Það er reiknað með að viðartætara og pappírstætara er til staðar.

Rekstrarkostnaður þeirra er ekki reiknað með.

Rafmagnsverð Hitaveitu Suðurlands	6,38	kr./kWh
Eldsneytisnotkun (dísill) skófluvélar	1,25	lítrar/tonn
Laun og launatengd gjöld vegna starfsmanna	2000	kr./klst

Viðauki 30.



Mynd 23. Flæðirit fyrir jarðgerðarferli.

Viðauki 31.

Töflu 21. Massajafnvægi fyrir jarðgerðarferli - útreikningar

			Þurrefnis- hlutfall	Heildar- þurrefnis- innihald (kg)	Heildar- þyngd (kg)	
Jarðgerðarblanda	Slamm	75%	12,50%	4.078	d	32.625 D
	Kjötúrgangur	10%	90%	3.915	c	4.350 C
	Skógarúrgangur	1%	50%	218	b	435 B
	Umbúðapappi	14%	92%	5.603	a	6.090 A
Pláss þörf 14 dagar		43.500 kg		13.813		43.500
		44 tonn				
Rúmmál (eðlisþyngd 650 kg/m ³)		66,92 m ³				

Rúmmál jarðgerðarblöndu:

Eðlisþyngd jarðgerðarblöndu
= 650kg/m³

$$X = (A+B+C+D) / \text{eðlisþyngd} \rightarrow (43.500 \text{ kg}) / (650 \text{ kg/m}^3) = \mathbf{66,92 \text{ m}^3}$$

Massarýrnun í jarðgerð:

Massarýrnun jarðgerðarblöndu =
40%

$$-(D+E) + (F+G) = \text{massarýrnun} * (A+B+C+D) = 40\% * 43.500 \text{ kg} = 17.400 \text{ kg}$$

Molta:

$$H = (A+B+C+D) + (D+E) - (F+G) = 43.500 \text{ kg} - 17.400 \text{ kg} = 26.100 \text{ kg}$$

$$\text{Eða: } H = (1-40\%) * 43.500 \text{ kg} = 60\% * 43.500$$

$$\text{kg} = 26.100 \text{ kg}$$

Rúmmál moltu:

$$\text{Eðlisþyngd moltu} = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$Y = H / \text{eðlisþyngd} = 26.100 \text{ kg} / (750 \text{ kg/m}^3) = 34,80 \text{ m}^3$$

Massarýrnun í jarðgerð:

$$1 - (Y / X) = 1 - (34,80 \text{ m}^3 / 66,92 \text{ m}^3) = 48\%$$