

# Forsøk med fermentering av husdyrgjødsel

NORSØK REPORT | VOL.3 | NR. 8 | 2018



<b>TITLE</b>	Forsøk med fermentering av husdyrgjødsel
<b>FORFATTER(E)/AUTHOR(S)</b>	Joshua Cabell, Anne-Kristin Løes

<b>DATE:</b>	<b>REPORT NO.</b>	<b>AVAILABILITY</b>	<b>PROJEKT NO.:</b>	
20.12.2018	Vol. 3/Nr. 8/ 2018	Åpen/Open	Prosjektnr	
<b>ISBN:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:</b>	
978-82-8202-071-8		24	0	

<b>OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:</b>	<b>KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:</b>
Bokashi Norge AS	ANNE-KRISTIN LØES, ANNE-KRISTIN.LOES@NORSOK.NO

<b>STIKKORD/KEYWORDS:</b>	<b>ARBEIDSMRÅDE/FIELD OF WORK:</b>
Bløtgjødsel, Bokashi, Effektive mikroorganismer (EM), gjæring, gass Bokashi, efficient microorganisms (EM), fermentation, gas, slurry	Håndtering av husdyrgjødsel Manure management

### Sammendrag

Prosjektet «Forsøk med fermentering av husdyrgjødsel» (2016-2018) prøver ut tilsetning av effektive mikroorganismer (EM) i dyrerom og gjødsellagre på noen gårder i Norge. Et kontrollert forsøk ble gjennomført på Tingvoll vinteren 2017-18.

Uttrykket «effektive mikroorganismer» ble først brukt i Japan, der forskere isolerte og dyrket opp stammer av ulike jordboende sopp og bakterier, og prøvde dem ut i ulike kombinasjoner som tilsetning til dyrka jord. Ideen var å utkonkurrere den stedlige mikrofloraen og få sunnere planter og bedre avlinger. Metoden har fått vid anvendelse i Asia, og knyttes ofte til begrepet «nature farming» eller «Kyusei nature farming». Også i Europa er det nå mange produkter på markedet som inneholder EM. Det selges midler for å tilsette fôr ved ensilering, forbedre komposteringsprosesser, gi bedre forhold i vomma hos drøvtyggere, og forbedre husdyrgjødsel ved å redusere skorpedannelse, gi mindre luktproblem, færre fluer og bedre nitrogenutnyttelse. Produktene består gjerne av ulike stammer av sopp og bakterier, noen ganger i blanding med finmalte mineraler, og kan også inneholde karbohydrater som næringskilde. I dette prosjektet testet vi et produkt kalt «N-hance+» eller ProMest, framstilt av firmaet EM Agriton BV i Nederland. Det brukes i kombinasjon med et eget salgsprodukt, Microferm, som inneholder aktiverte EM, og tilsettes regelmessig i dyrerom og/eller gjødsellager.

I forsøket på Tingvoll ble fersk bløtgjødsel fra økologiske melkekyr fylt i palletanker med et volum på 1 m<sup>3</sup>, fire tanker med og fire tanker uten tilsetning av preparater, 800 liter gjødsel per tank. Lokket på tankene var lagt løst over åpningen. Tankene ble plassert ved ca. 14 °C fra 10.10.2017 til

29.01.2018, og ble etterfylt med porsjoner a 15 liter gjødsel ukentlig fram til 6.12.2017. Ved hvert påfyll ble det målt pH og redoks, og ved to anledninger ble det målt sammensetning av lufta i tankene. Det var en tydelig gjæring i alle tankene i forsøksperioden. Allerede 24. oktober ble de første boblene observert. Det var kraftigere gjæring i tankene som var behandlet med EM, og en noe lavere pH i gjødsla på enkelte måledatoer. Ved avslutningen av forsøket ble gjødsla analysert for kjemiske sammensetning. Det var da ingen sikre forskjeller mellom behandlet og ubehandlet gjødsel, heller ikke for tørrstoffinnhold. Hvis N-tapet hadde vært redusert, slik det hevdes at preparatene skal virke, burde N-innholdet vært høyere i tankene med EM-behandlet gjødsel.

#### Summary

The project «Experiments with fermenting of livestock manure» (2016-2018) tests the application of effective microorganisms (EM) in animal stalls and manure storage at selected farms in Norway. A control study was conducted at Tingvoll during the winter of 2017-2018.

The term «effective microorganisms» was first coined in Japan where researchers isolated and cultivated strains of different soil-based fungi and bacteria and tested them in various combinations in cultivated soils. The idea was to out-compete existing microflora and stimulate healthier plants and better yields. The method has been widely applied in Asia and is often associated with the term “nature farming” or “Kyusei nature farming”. In Europe, many products containing EM are also available. They are marketed as additive for feed during ensilage, to improve composting, to improve conditions in the rumen of ruminants, and to improve livestock manure by reducing crust formation and odor problems, to reduce the number of flies in animal stalls, and for improved nitrogen utilization. The products are composed of different cultures of fungi and bacteria, sometimes blended with fine-ground minerals, and can also contain carbohydrates as a nutrient source. In this project, we tested a product called “N-hance+” or ProMest, produced by the company EM Agriton BV in the Netherlands. It is used in combination with another product, Microferm which contains activated EM, and is added to animal stalls or manure storage at regular intervals.

In the experiment at Tingvoll, fresh liquid manure from certified organic dairy cattle was filled in IBC-tanks with a volume of 1 m<sup>3</sup>. The tanks were filled with 800 liters of manure, and four were added preparation and four were not. The lids were loosely placed on the tank openings. The tanks were stored at ca. 14 °C from 10.10.2017 to 29.01.2018 and were given 15 liter each week up to 06.12.2017. With each addition of manure, pH and redox were measured, and on two occasions the composition of air in the headspace was measured. There was an obvious fermentation in all tanks during the experiment, with fermentation visible already from the 24<sup>th</sup> of October. There was heavier fermentation in the tanks treated with EM, and slightly lower pH on certain dates. At the end of the experiment, the manure was analyzed for chemical composition. There was no significant difference between treated and untreated manure, neither for dry matter content. If N-loss had been reduced, as is claimed the preparations function, should N-content have been higher in the tanks with EM-treated manure.

COUNTRY: Norge  
COUNTY: Møre og Romsdal  
MUNICIPALITY: Tingvoll  
LOKALITET: Tingvoll gard

APPROVED

Turid Strøm

---

PROJECT LEADER

Anne-Kristin Løes

---

# Innhold

1	Forord.....	6
2	Bakgrunn .....	7
2.1	Effektive mikroorganismer (EM) .....	7
2.2	Ammoniakktap og pH-endringer i husdyrgjødsel .....	7
2.3	Tidligere undersøkelser.....	9
3	Forsøk på Tingvoll.....	10
3.1	Materiale og metoder .....	10
3.1.1	Fermentering .....	10
3.1.2	Biogassforsøk .....	13
3.2	Resultater .....	14
3.2.1	Fermentering .....	14
3.2.2	Biogassforsøk .....	19
4	Diskusjon .....	21
5	Litteratur .....	22

# 1 Forord

Landbruksdirektoratet har bevilget midler til prosjektet «Forsøk med fermentering av husdyrgjødsel» over Klima og miljøprogrammet 2017. Prosjektperioden er 2016-2018, og prosjektansvarlig er firmaet Bokashi Norge AS ved Andreas Capjon. Hovedmålet er å redusere husdyrgjødselens forurensningseffekt til luft, samt å bidra til optimalisert gjødselbruk, bedre dyrehelse og økt produksjon, og dermed bedret økonomi for bonden, ved å tilsette et preparat basert på «effektive mikroorganismer» (EM) i husdyrrom og/eller gjødsellager. Bokashi Norge har agentur for en produsent av EM i Nederland, Agriton LTD.

Norsk senter for økologisk landbruk ved Anne-Kristin Løes deltar i prosjektets styringsgruppe, sammen med representanter fra Norsk landbruksrådgivning og NIBIO. I tillegg skulle NORSØK gjennomføre en utprøving av EM med gjødsel fra Tingvoll gard. Denne utprøvingen fikk vi hjelp av NIBIO ved Joshua Cabell til å gjennomføre. Foreliggende rapport er skrevet av Cabell og Løes i fellesskap.

Rapporten beskriver hvordan vi gikk fram for å undersøke hvordan bløtgjødsel fra økologiske melkekyr på Tingvoll gard (NORSØK sin forsøksgård) ble påvirket av tilsetning av EM, og hvilke resultater vi fikk av målingene som ble gjennomført.

På vegne av NORSØK vil jeg benytte anledningen til å takke både Joshua Cabell og teknikere fra NIBIO, Anne deBoer og Marius Bless, som hjalp til med forsøket.

Tingvoll, 20.12.18

Anne-Kristin Løes

## 2 Bakgrunn

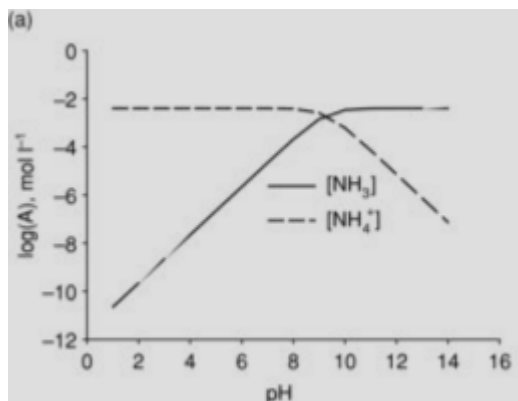
### 2.1 Effektive mikroorganismer (EM)

Vi får stadig mer kunnskap om biologi, inkludert den rike floraen av mikroorganismer som omgir oss. Jord, vann, og luft inneholder mikroorganismer, og det er gjort mange forsøk på å påvirke disse til å bli mer effektive, for eksempel til å fiksere nitrogen fra luft. Begrepet «effektive mikroorganismer» (EM) ble først brukt i Japan (Higa & Widana 1991). De isolerte og dyrket opp stammer av ulike jordboende sopp og bakterier, som fotosyntetiserende bakterier, melkesyrebakterier, gjær, og actinomyceter (strålesopp), og prøvde ut disse i ulike kombinasjoner som tilsetning til dyrka jord. Ideen var å utkonkurrere den stedlige mikrofloraen og få sunnere planter og bedre avlinger. Metoden har fått vid anvendelse i Asia, og knyttes ofte til begrepet «nature farming» eller «Kyusei nature farming». En blanding av melkesyrebakterier og andre organismer som produserte melkesyre fikk navnet EM4.

Også i Europa er det nå mange produkter på markedet som inneholder effektive mikroorganismer (EM). Noen anbefales tilsatt fôr ved ensilering, noen skal ha en positiv effekt på komposteringsprosesser, noen skal forbedre miljøet i vomma hos drøvtyggere, og noen skal forbedre husdyrgjødsel ved å redusere skorpedannelse, gi mindre luktproblem, færre fluer og forbedre bindingen av nitrogen (N) (improve nitrogen retention) (EMRO 2018). Produktene består gjerne av ulike stammer av sopp og bakterier, noen ganger i blanding med finmalte mineraler, og kan også inneholde karbohydrater som næringskilde. Produktet som er testet i denne undersøkelsen har handelsnavnet N-hance+, framstilt av firmaet EM Agriton BV i Nederland. Det brukes i kombinasjon med aktiverte EM (EM-A), og skal tilsettes i gjødsellageret regelmessig. Samme produkt markedsføres også under navnet ProMest i flere europeiske land. «Mest» betyr gjødsel på nederlandsk.

### 2.2 Ammoniaktap og pH-endringer i husdyrgjødsel

Under lagring skjer de største tapene av nitrogen (N) fra husdyrgjødsel i form av ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ). Urinstoff og organisk bundet nitrogen avgir ammonium ioner ( $\text{NH}_4^+$ ). Likevekten mellom ammonium i løsnings og i gassform er dynamisk, og påvirkes av temperatur, lufttilgang og pH (Figur 1). Med økt pH øker konsentrasjonen av  $\text{NH}_4^+$  i løsnings. Hvis dette går over til  $\text{NH}_3$  og tapes, vil det stimulere til danning av mer  $\text{NH}_4^+$ . Ammonium-ioner og ammoniakk på overflaten av en væske, eller et gjødsellager, er i likevekt med ammoniakk-gass i lufta over denne overflaten. Balansen i denne likevekten avgjøres mye av temperaturen (Sommer & Husted 1995).



Figur 1. Sammenhengen mellom  $\text{NH}_3$  og  $\text{NH}_4^+$  konsentrasjon i flytende gjødsel, og pH i gjødselen. Etter Sommer m.fl., 2013.

pH i flytende gjødsel styres av forholdet mellom  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$  og  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$  (Sommer & Husted 1995). Når noe avgir hydrogenioner, synker pH i løsningen. Når urin blandes med fast gjødsel og vann og blir til bløtgjødsel, blir urea -  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  - hydrolysert til di-ammonium karbonat,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , et stoff som lett avgir  $\text{NH}_3$ . Tilførsel av mineraler, f.eks. kalsium som  $\text{CaCl}_2$ , kan gjøre at det felles ut  $\text{CaCO}_3$ . Dette kan redusere risikoen for  $\text{NH}_3$  tap. Tilsetning av finmalt mineralmateriale til gjødsel kan også gjøre at den spesifikke overflaten i gjødselsystemet øker: det blir større overflater som bakterier kan bruke til sine kjemiske reaksjoner, og det blir større overflater hvor kjemiske reaksjoner kan skje. Slike reaksjoner vil som regel gi en produksjon av  $\text{CO}_2$ , noe som virker surgjørende (jfr. likevekten mellom  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ ). Slik surgjøring kan redusere  $\text{NH}_3$  tap. Ved pH 7 dominerer bikarbonat,  $\text{HCO}_3^-$ . I kombinasjon med acetat fra nedbrytning av organisk materiale ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) kan det bli produsert organiske syrer som kan senke pH.

Tiltak for å redusere nitrogentap fra husdyrgjødsel har for det meste vært rettet mot ammoniakk, som kan tapes i store mengder ved spredning. Uttyning med vann, redusert innhold av nitrogen i fôret, eller redusert pH i gjødsla, kan bidra til å redusere tapet av ammoniakk ( $\text{NH}_3$ ) ved spredning. Hvis man kan beholde nitrogenet i organisk form i stedet for mineralsk (ammonium), vil dette også redusere risikoen for  $\text{NH}_3$  tap. Tilsetninger som er utviklet for å redusere  $\text{NH}_3$  tapet kan deles i fem kategorier (McCrary & Hobbs 2001):

- Tilsetninger (i fôr eller gjødsel) som øker den biologiske nedbrytningen av gjødsla; typisk spesielle stammer av mikroorganismer, eller enzymer.
- Tilsetninger som virker surgjørende, mest brukt er svovelsyre eller salpetersyre i bløtgjødsel og aluminiumsulfat i fast gjødsel.
- Tilsetninger som adsorberer ammoniumioner, for eksempel zeolitt (finmalte mineraler) eller torv. Det kan også være tilsetninger som adsorberer stoff som hemmer mikroorganismenes aktivitet i gjødsla.
- Tilsetninger som hemmer nedbrytningen av urinstoff (urea) i gjødsla, dvs. stoffer som hemmer urease-enzymet.
- Tilsetninger basert på saponiner, for eksempel glykosider fra yuccapalmer, som binder ammonium.

Det markedsføres også tilsetninger som hevdes å stimulere en anaerob gjæring eller fermentering av gjødsla, uten at det er de mikroorganismene som tilsettes som direkte gir den ønskede effekten.



I denne rapporten ser vi nærmere på tilsetning av «effektive mikroorganismer» (EM). Det er krevende å undersøke hva som faktisk skjer når EM tilsettes husdyrgjødsel, og det er krevende å studere virkningsmekanismene i en blanding av mange organismer, spesielt når produsentene hevder at effekten ikke trenger å komme fra de tilsatte organismene etter at disse har oppformert seg, men indirekte ved at den naturlige mikrofloraen i gjødsla endrer seg etter tilsetting av EM. Hvordan gjødsla lagres vil påvirke effekten av biologiske tilsetninger. Omrøring av et bløtgjødsellager endrer for eksempel lufttilgangen og forholdene for nedbrytning, men vil være nødvendig for å homogenisere en beholder med gjødsel i et kontrollert forsøk før prøvetaking.

## 2.3 Tidligere undersøkelser

Det er utført en rekke undersøkelser om effekter av å tilsette ulike kommersielle preparat som inneholder mineraler og/eller mikroorganismer til husdyrgjødsel. Van der Stelt m.fl. (2007) sammenliknet EM med handelspreparatene EuroMest-Mix og Agri-Mest, og målte avgangen av  $\text{NH}_3$  ved tre ulike temperaturer: 4, 20 og 35 °C. Bløtgjødsel fra melkeku ble brukt i forsøket, i porsjoner på 10 liter. Euro Mest-Mix inneholder leirmineraler som skal adsorbere  $\text{NH}_3$ , mens Agri-Mest inneholder mineraler som skal øke nedbrytningen av gjødsla.  $\text{NH}_3$ -tapet økte med temperaturen, og med omrøring. Ved 35 °C ble det mindre  $\text{NH}_3$ -tap ved omrøring, fordi skorpen som dannes uten omrøring er mindre effektiv til å redusere  $\text{NH}_3$ -avgang ved høyere temperatur. Dessuten kan tilgangen på oksygen ved omrøring redusere nedbrytningen i bløtgjødsel som er tilpasset en anaerob nedbrytning. Ingen av tilsetningene endret pH, innholdet av tørrstoff, total-N, mineralsk N, C/N forholdet eller forholdet mellom C og organisk N, og ga ikke sikker nedgang i tapet av  $\text{NH}_3$ . Imidlertid fant man 34% lavere  $\text{NH}_3$ -tap ved den laveste temperaturen uten omrøring når Agri-Mest (mineraler) ble kombinert med EM. Dette viser at tilsetning kan ha en effekt i enkelte situasjoner.

McCrary & Hobbs (2001) gjennomgikk i en review-artikkel en rekke undersøkelser av  $\text{NH}_3$ -tap fra gjødsel tilsatt ulike «digestive additives», det vil si mikroorganismer og/eller enzymer som hevdes å redusere  $\text{NH}_3$ -tapet ved å påvirke nedbrytningen av gjødsla. Hvis mekanismen er å binde ammoniumioner, er det en forutsetning at tilsetningen øker nedbrytningen av forbindelser som inneholder mye C og lite N. Mange forsøk i laboratorium har vist liten effekt. Det kan skyldes at volumene da blir vesentlig mindre enn i praksis, noe som øker kontaktflaten mellom gjødsel og luft. Det innebærer at mikroorganismene kan hemmes av oksygen i kontrollerte forsøk. Hvis de er avhengige av anaerobe forhold (uten tilgang på oksygen), blir dette spesielt viktig. Forsøk i mer realistiske omgivelser har gitt til dels betydelig effekt på  $\text{NH}_3$ -utslipp. Amon m.fl. (2004) sammenliknet bløtgjødsel fra gris, med svært lavt tørrstoffinnhold (TS ca. 2%), med bløtgjødsel fra ku med 9 % TS. For kugjødsel var det signifikant lavere utslipp av  $\text{NH}_3$  og lystgass ( $\text{N}_2\text{O}$ ) når EM ble tilsatt i gjødsellageret (10 m<sup>3</sup> containere) ved begynnelsen av lagringsperioden. For grisegjødsel fant man ikke noen tilsvarende effekt, og forfatterne mener at dette kan skyldes det lavere innhold av tørrstoff. Når EM ble tilsatt fôret til grisene, fant man imidlertid en sikker nedgang i utslipp av både metan,  $\text{NH}_3$  og  $\text{N}_2\text{O}$ . EM var i dette tilfellet levert av Multikraft LTD, Østerrike.

## 3 Forsøk på Tingvoll

### 3.1 Materiale og metoder

#### 3.1.1 Fermentering

Bløtgjødsel fra en besetning med økologiske melkekyr på Tingvoll gard ble brukt i forsøket. Fire palletanker med et volum på 1 m<sup>3</sup> ble fylt med gjødsel uten tilsetninger, og fire ble fylt med gjødsel som ble tilsatt N-hance+ og Microferm, levert av Agriton via Bokashi Norge AS. Microferm inneholder aktiverte effektive mikroorganismer, type EM1. Sammensetningen av EM fra Agriton er melkesyrebakterier (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*), fotosyntetiske bakterier (*Rhodospseudomonas palustris*, *Rhodobacter sphaeroides*), gjær (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*), strålesopp (*Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*), og sopp (*Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*) (Xu 2008). Tankene ble plassert i en frostfri kjeller i en måleperiode som varte fra 10.10.2017 til 06.12.2017, og en lagringsperiode som varte fra 06.12.2017 til 29.01.2018.

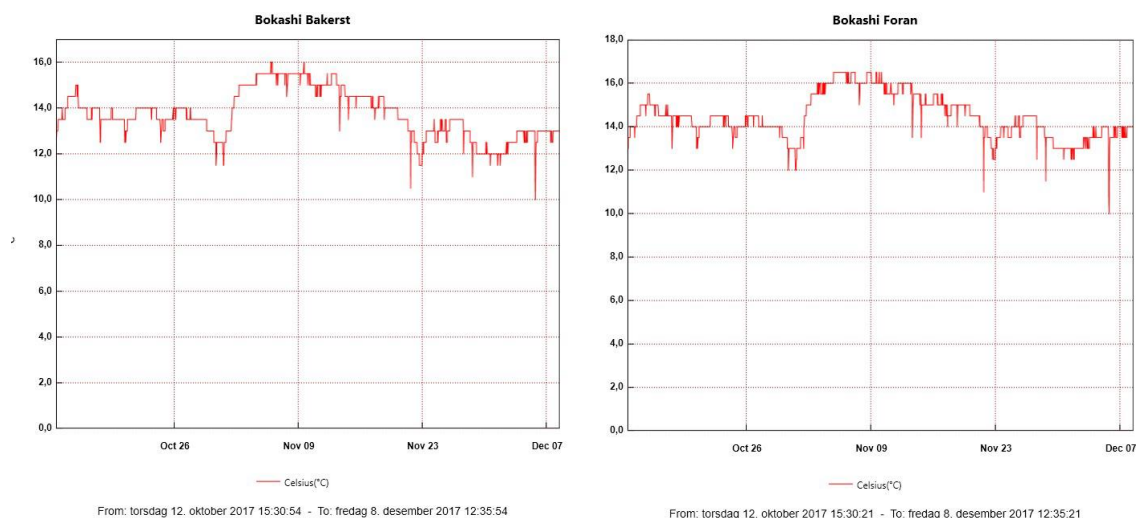
Gjødsel ble hentet fra en pumpekum i enden av flyterenna i løsdriftsfjøset (Bilde 1), og var relativt fersk (i gjennomsnitt 2-3 uker gammel). Ved oppstart 10.10.2017 ble tankene fylt med 800 liter gjødsel, fordelt på fire delfyllinger a 200 liter for å sørge for mest mulig lik gjødsel i hver tank. Gjødsel var regelmessig omrørt i pumpekummen med en fastmontert propellomrører. Før gjødsel ble hentet til forsøket sto denne omrøreren på i ca. 15 minutter. Ei pumpe som var nedsenket i pumpekummen sendte gjødsel først gjennom en roterende kniv som kutter partikler, og videre ut gjennom en slange. Vanligvis brukes denne pumpa til å frakte gjødsel fra pumpekummen over i gårdens biogassanlegg, men pumpa kan også brukes til å ta ut gjødsel til forsøk. Slik gjødsel kommer ikke i kontakt med biogasskulturen i de to reaktorene i anlegget.



Bilde 1. Henting av substrat fra pumpekummen.

I perioden 10.10-6.12.2017 ble tankene videre fylt opp med ukentlige porsjoner av gjødsel. Det var en målsetning å holde temperaturen i gjødsel på om lag 15 °C i denne perioden. Temperaturen ble først kontrollert ved å sette varmekolber beregnet til akvarier i hver palletank. Imidlertid ble tre av disse overopphetet så plastdekselet smeltet. Kolbene måtte derfor tas ut, og ble erstattet med to vifteovner som varmet opp rommet. Temperaturmålere montert innerst i kjelleren (bak palletankene) og i forkant av palletankene i retning av den uisolerte døra viste at det var ca. 0,8° lavere temperatur i området lengst unna døra: 13,7 mot 14,5 °C. Temperaturen i målingsperioden varierte mellom 10 og 16,5 °C (Figur 2). I lagringsperioden ble det ikke logget temperaturer, men vifteovnene sto på i hele perioden. Gjennomsnittstemperaturen på Tingvoll målt i 2 m høyde på en klimatisk målestasjon ca. 400 m fra kjelleren var i oktober 2017 7,9 °C, november 2,1 °C, desember 0,0 °C og

januar 0,1 °C. Vi ser av temperaturkurvene at ovnene klarte å holde temperaturen oppe på om lag samme nivå i november som i oktober. Det er derfor ikke grunn til å tro at temperaturen i rommet i lagringsperioden var vesentlig ulik gjennomsnittstemperaturen på ca. 14 °C.



Figur 2. Temperatur i rommet der 8 palletanker med gjødsel var plassert i perioden med innmating av gjødsel: 12.10.-8.12.2017. Bakerst= innerst i rommet, Foran = nærmere uisolert inngangsdør.

Tilsetningen av Nhance+ var 20 ml fortynnet med 200 ml lunkent vann når alle tankene var fylt opp med 800 liter gjødsel, 10.10.2017. Etter en uke, 17.10.2017 ble det tilsatt 200 ml Microferm, og gjødsela ble omrørt. Tankene som ikke fikk tilsetninger ble tilsatt samme mengde vann, og omrørt. Ytterligere omrøring skjedde ikke før ved avslutningen av «lagringsperioden», 13.01.2018. Løkene på tankene ble lagt løst over åpningen slik at det kom noe oksygen inn.

Fra og med 17.10.2018 ble det tilsatt 15 liter gjødsel fra pumpekum til hver palletank en gang per uke i 8 uker, på datoene 17.10, 24.10, 31.10, 07.11, 14.11, 21.11, 28.11 og 6.12.2017. Gjødselen i pumpekummen ble da omrørt i ca. 5 minutter før det ble hentet opp 8 spann med 15 kg i hvert spann (Figur 2). Vekten av gjødsela i spannene ble bestemt av en digital hengende vekt. Spannene ble lukket med lokk, og omrørt ved å bevege disse. Et niende spann ble fylt med gjødsel samtidig som spannene til forsøket, og tørrstoff (TS) og glødetap («volatile solids», VS) ble målt i en samleprøve per dato (Tabell 1). Ved hver tilførsel av ny gjødsel fikk de fire tankene med EM-tilsetning 0,6 ml Nhance+ blandet med 6 ml lunkent vann i en målesylinder. Tankene uten EM-tilsetning fikk tilsatt samme mengde vann. Spannene ble så tømt forsiktig opp i tankene, for å unngå å forstyrre dannelsen av skorpe. Deretter ble EM-tilsetning eller vann forsiktig tømt opp i tankene. Dette forsøksoppsettet skulle etterlikne det som foregår i et vanlig gjødsellager med eller uten EM-behandling.

Ved hver påfylling av gjødsel ble det i forkant målt pH og redoks i alle tankene med håndholdte elektroder. Prøve til måling av pH/redoks ble tatt ut med en kopp fra rett under overflaten, på samme måte i hver tank og ved hver måling. Prøven ble tømt tilbake etter måling. I tillegg til analysene ble det gjort visuelle observasjoner om skorpedannelse, lukt og gjæring hver uke.

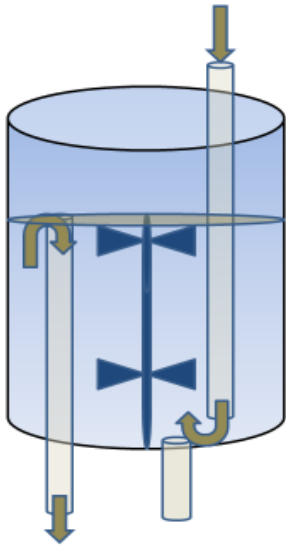
Sammensetningen av gjødselgass ble undersøkt ved å måle andelen av metan (CH<sub>4</sub>) og karbondioksid (CO<sub>2</sub>) to ganger i løpet av forsøket, 7. 11 og 5. 12. Dette ble gjort med en Geotech® GA5000 bærbar gassmåler. Denne måleren bruker infrarød og er nøyaktig innen +/- 0,5% for metan. En innebygd pumpe suger gassprøven gjennom en slange i 90 sekunder og forbi sensorene. Pumpen og sensorene er rensset med ambient luft mellom hver måling. Løkkene på palletankene ble tettset dagen før gassmåling og gassprøvene ble pumpet ut gjennom et rør festet til løkkene.

Ved avslutningen av forsøket (etter omrøring) ble det tatt ut prøver fra hver tank og sendt til kjemisk analyse hos Agrilab i Uppsala (Tabell 2). Det ble også sendt inn en samleprøve av gjødsel tatt ved starten av forsøket.

Siste innmating skjedde 06.12.2017. Etter en lagringsperiode uten oppvarming ble det tatt ut prøver til kjemisk analyse av tørrstoffinnhold, pH, nitrogen, karbon og mineraler 29.01.2018. Tankene fikk en kraftig omrøring med en padleåre før prøvetaking. Prøvene ble nedfrosset ved -18°C og sendt frosne over natt til Agrilab Analyse, Uppsala, Sverige.

Det ble gjennomført en tosidig t-test med programmet Minitab for å undersøke om det var sikre forskjeller mellom det kjemiske innholdet i prøvene fra de to behandlingene ved avslutningen av forsøket. Samme metode ble brukt for å undersøke om det var sikre forskjeller mellom behandlingene for innhold av CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> i gjødselgass.

### 3.1.2 Biogassforsøk



Figur 3. Skisse biogassreaktor

Det ble også gjennomført en laborietest med biogassreaktorer (Figur 3, Bilde 7). Ved avslutning av fermenteringen ble det tatt ut 6 liter substrat fra hver tank samtidig som det ble tatt ut prøver til analyse. Gjødsele som ble behandlet med EM ble samlet i en bøtte, og ubehandlet gjødsele behandlet i en annen. Den 3. februar ble fire lab-skala biogassreaktorer tilsatt 11 liter gjødsele hver. To reaktorer ble tilført ubehandlet gjødsele, og to reaktorer ble tilført gjødsele tilsatt EM. Reaktorene har et totalvolum på 20 liter. Det er et inntak på toppen gjennom et rør som går nesten helt til bunnen og to uttak – et helt i bunnen og et gjennom et rør med åpning litt over halvveis til toppen, eller på 11 liter. Det er dette røret som bestemmer arbeidsvolumet i reaktoren. Reaktorene har omrøring og oppvarming i bunnen. Gassen går ut gjennom en slange festet til lokket. Temperaturen ble satt til 35 °C og omrøring til ca. 60 omdreininger per minutt. Gassproduksjon måles av en peristaltisk pumpe koblet til en tellerenhet som teller omdreininger.

Gassmålerne må kalibreres for å regne om antall omdreininger til gassvolum. På grunn av tekniske problemer ble det dessverre ikke pålitelige gassmålinger fra denne undersøkelsen, men visuelle observasjoner ble gjennomført.

## 3.2 Resultater

### 3.2.1 Fermentering

Tørrstoffinnholdet i gjødsla (TS) var 6 % ved oppstart av fermenteringsforsøket i palletankene. På de 8 måledatoene varierte TS-innholdet fra 3,9 til 6 %, og glødetapet fra 78,1 til 82 % (Tabell 1). Det var ingen sammenheng mellom verdien for TS og verdien for flyktige faste stoffer, her kalt «volatile solids», VS ( $r^2=0,01$ ). «Volatile solids» er den andelen av tørrstoffinnholdet som fordampes når materialet glødes ved 550 °C. Det som er igjen etter en glødetapsmåling kaller vi aske, og andelen aske er differansen mellom TS og VS. Gjødsla ble analysert for kjemisk innhold ved oppstart og avslutning, og disse resultatene er presentert i Tabell 2.

Tabell 1. Innhold av tørrstoff (TS) og flyktig fast stoff («volatile solids», VS) i gjødsel fra pumpekum brukt til innmating på 8 datoer.

Dato	TS	VS (% av TS)	VS (g/1000g)
<b>10. okt (oppstart)</b>	6,0%	-	-
<b>17.okt</b>	5,8 %	81,9 %	47,2
<b>24.okt</b>	5,2 %	82,0 %	42,5
<b>31.okt</b>	4,7 %	80,1 %	37,7
<b>07.nov</b>	3,9 %	78,7 %	30,5
<b>14.nov</b>	4,7 %	82,2 %	38,6
<b>21.nov</b>	6,0 %	78,1 %	47,1
<b>28.nov</b>	4,8 %	79,2 %	38,1
<b>06.des</b>	5,1 %	80,2 %	41,0
<b>Gjennomsnitt</b>	5,0 %	80,3 %	40,3

Som forventet ble det en svak nedgang i TS innholdet gjennom forsøksperioden, i begge behandlingene (Tabell 2). Det ble videre en svak nedgang i pH, og i innholdet av totalt karbon. For nitrogen (N) var det en økning i både total-N og mineralsk N, og en betydelig økning i andelen mineralsk N av tot-N i begge behandlingene. Innholdet av svovel (S) ble redusert. Innholdet av mineraler som fosfor (P), kalsium (Ca), magnesium (Mg) og kalium (K) vil ikke endres under lagring siden disse elementene ikke går over i gassform. Innholdet av Mg og K var noe lavere i lagret gjødsel, men dette forteller nok heller noe om usikkerheten i å ta ut representative prøver og gjøre kjemiske analyser av et så heterogent materiale som husdyrgjødsel.

Statistikken viste at det ikke i noe tilfelle var sikre forskjeller mellom innholdet av tørrstoff, pH, innholdet av mineraler, N eller karbon (C). Selv om TS-innholdet ikke ble sikkert påvirket av behandling i dette forsøket (Tabell 2), var det tydelig tendens til sterkere gjæring i behandlede tanker (mer under). Derfor har vi også sett på resultatene av kjemisk innhold målt i g per kg TS (som tilsvarer kg per tonn TS). Dette er vist i Tabell 3. Heller ikke her ble det funnet noen sikre forskjeller ved bruk av toveis t-tester. Det er interessant å se at selv om gjæringen tilsynelatende var mer aktiv i behandlede tanker, førte ikke det til noen endring av andelen av karbon (C) i tørrstoffet.

Tabell 2. Kjemisk innhold i bløt gjødsel fra melkekyr ved Tingvoll gard. Konsentrasjoner av ulike elementer er vist i g per kg gjødsel.  $N_{min}$  =  $NH_4-N$  i andel av total-N. Målinger fra Agrilab, Uppsala.

Type gjødsel	TS, %	pH	Tot-N	$NH_4-N$	$N_{min}$ , %	Org-N	Tot-C	Tot-S	Tot-P	Tot-Ca	Tot-Mg	Tot-K
Oktober 2017, oppstart	6,0	7,6	2,5	1,1	44	1,3	29,0	0,26	0,37	0,95	0,38	3,04
Januar 2018, gjødsel uten EM	5,0	7,3	2,6	1,4	54	1,2	24	0,2	0,36	0,9	0,3	2,8
Januar 2018, gjødsel med EM	5,3	7,4	2,6	1,4	54	1,2	25	0,2	0,36	1,0	0,3	2,7

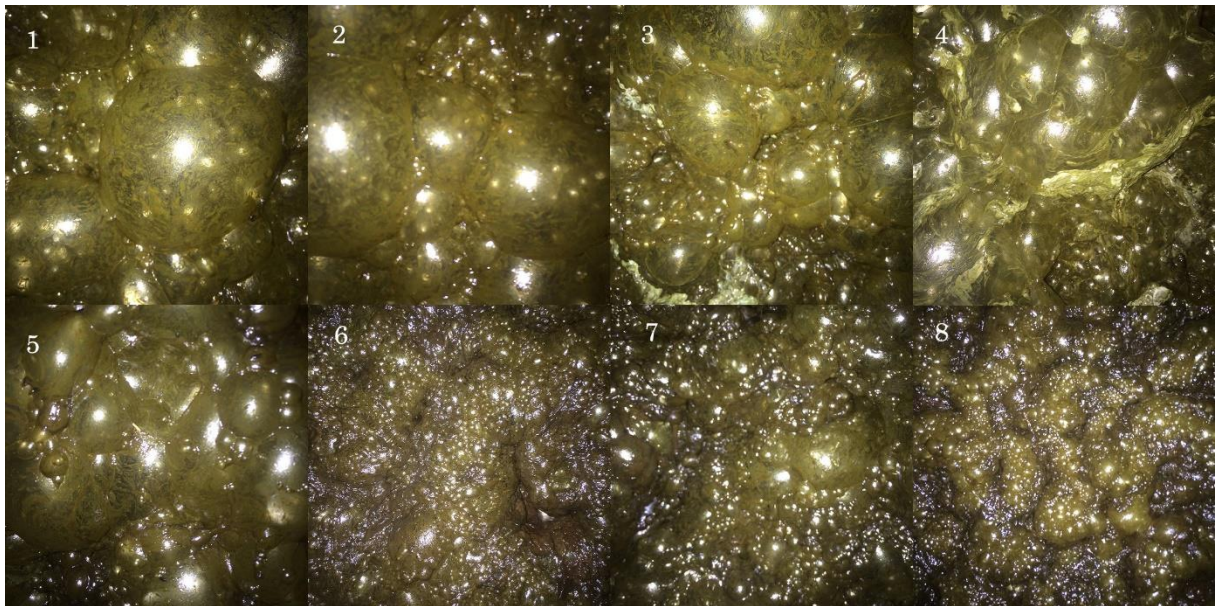
Tabell 3. Kjemisk innhold i bløt gjødsel fra melkekyr ved Tingvoll gard. Konsentrasjoner av ulike elementer er vist i g per kg TS.  $N_{min}$  =  $NH_4-N$  i andel av total-N. Målinger fra Agrilab, Uppsala.

Type gjødsel	TS, %	Tot-N	$NH_4-N$	$N_{min}$ , %	Org-N	Tot-C	Tot-S	Tot-P	Tot-Ca	Tot-Mg	Tot-K
Oktober 2017, oppstart	6,0	41,2	18,9	46	22,3	482,7	4,4	6,1	15,8	6,4	50,7
Januar 2018, gjødsel uten EM	5,0	52,4	27,9	53	52,4	473,2	4,9	7,2	19,1	6,8	57,5
Januar 2018, gjødsel med EM	5,3	48,4	25,9	54	48,8	473,7	4,7	6,8	18,8	6,3	52,1

Selv om forskjellene ikke var statistisk sikre mellom de to behandlingene, er det verd å merke seg at N-innholdet i gjennomsnitt var noe lavere i behandlet gjødsel. Forholdene var ikke lagt til rette for tap av N i dette forsøket, siden det var forholdsvis dårlig kontakt med luft fra tankene, men hvis behandlingen har til hovedhensikt å redusere tapet av N til luft kunne det vært gunstig om resultatet hadde vært motsatt.

Gassmålingene viste betydelig høyere innhold av både  $CH_4$  og  $CO_2$  i tankene i desember enn i november. Verdiene for ubehandlet/behandlet gjødsel var 4,7/6%  $CH_4$ , og 7,4/9,1%  $CO_2$  den 7.11. Den 5.12 var disse verdiene økt til 25,8/35,2 % for  $CH_4$ , og 24,8/29,2% for  $CO_2$ . Noe høyere verdier for innhold av begge gassene i behandlet gjødsel kunne tyde på at det var noe kraftigere gjæring i disse tankene. Forskjellene mellom de to behandlingene var imidlertid ikke statistisk sikre. p-verdiene (dvs sannsynligheten for at det er sikker forskjell) varierte mellom 0,13 og 0,35. En p-verdi på 0,05 viser at det er 95% sannsynlighet for at en forskjell er pålitelig.

Det ble ingen skorpedannelse av betydning i palletankene. Dette skyldes at den relativt høye temperaturen fikk gjødsla til å gjære. Bobling på overflaten i alle tankene ble først observert den 24.10. På de fleste datoene der dette ble observert (14.12.2017, 20.12.2017, 5.1.2018 og 16.1.2018) var det bobler i overflaten (Bilde 2-5). På en av datoene, 20.12, var det mulig å plassere et lett plastbeger på overflaten i alle palletankene, dvs. det var en viss skorpedannelse. De øvrige datoene var det ingen skorpe.

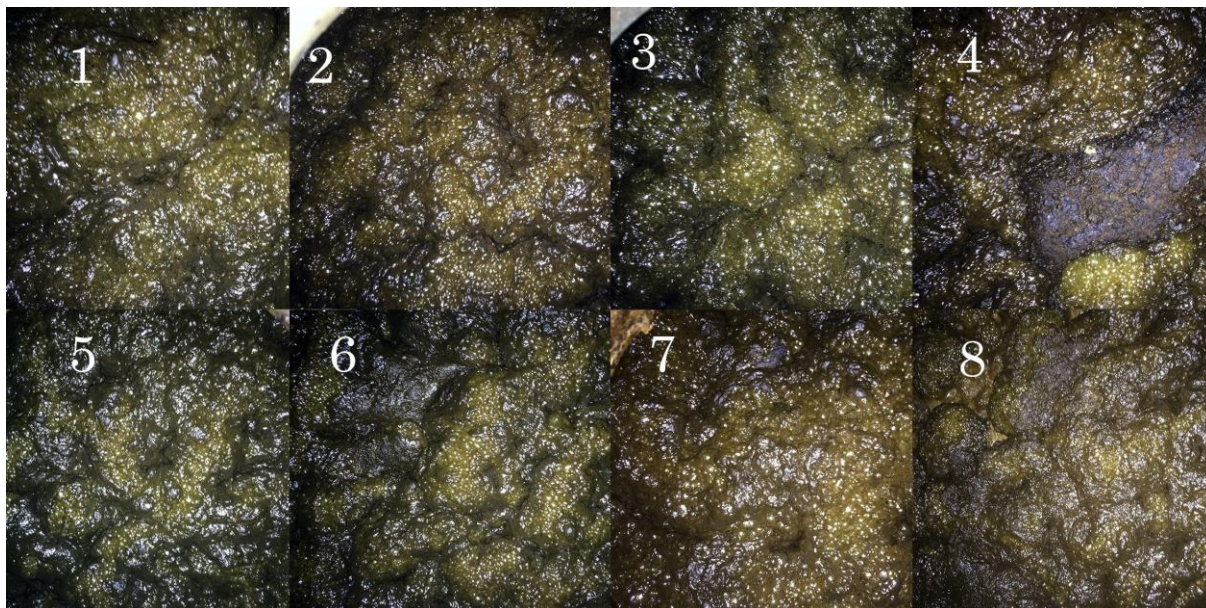


*Bilde 2. Overflaten i palletankene 14.12.2017. Bildene er nummerert 1-8 fra venstre mot høyre, der øverste rad med bilder er av tank 1-4 og nederste rad er av tank 5-8. Tank (bilde) nr. 1, 3, 5 og 7 var ubehandlet, mens tank 2, 4, 6 og 8 var behandlet med EM.*

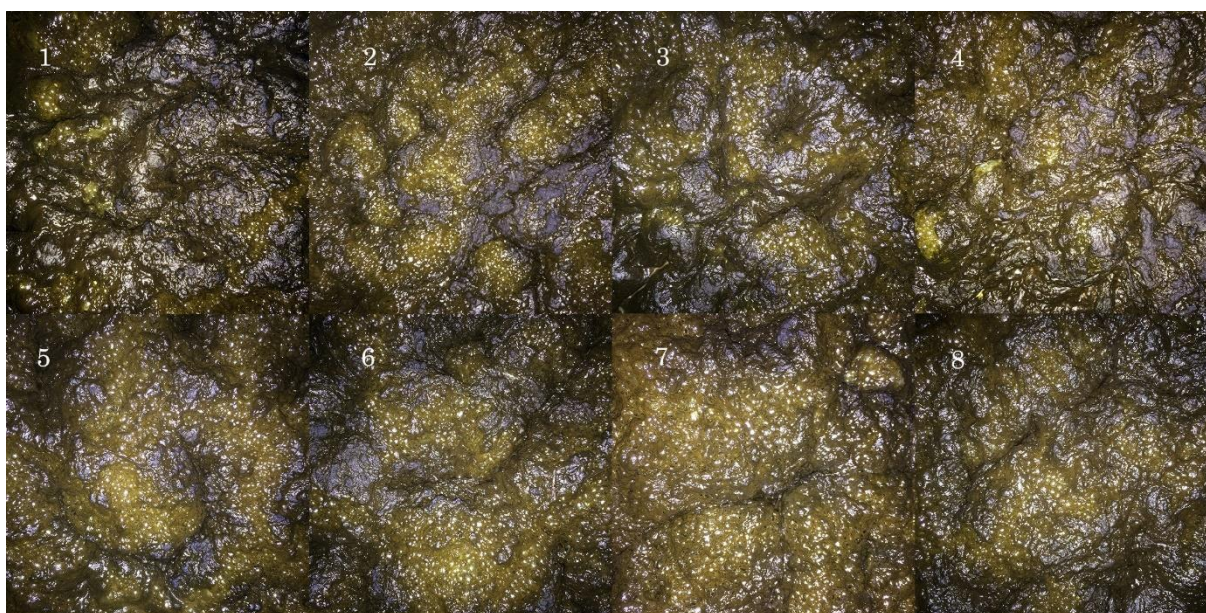


*Bilde 3. Overflaten i palletankene 20.12.2017. Se forklaring under Bilde 2.*



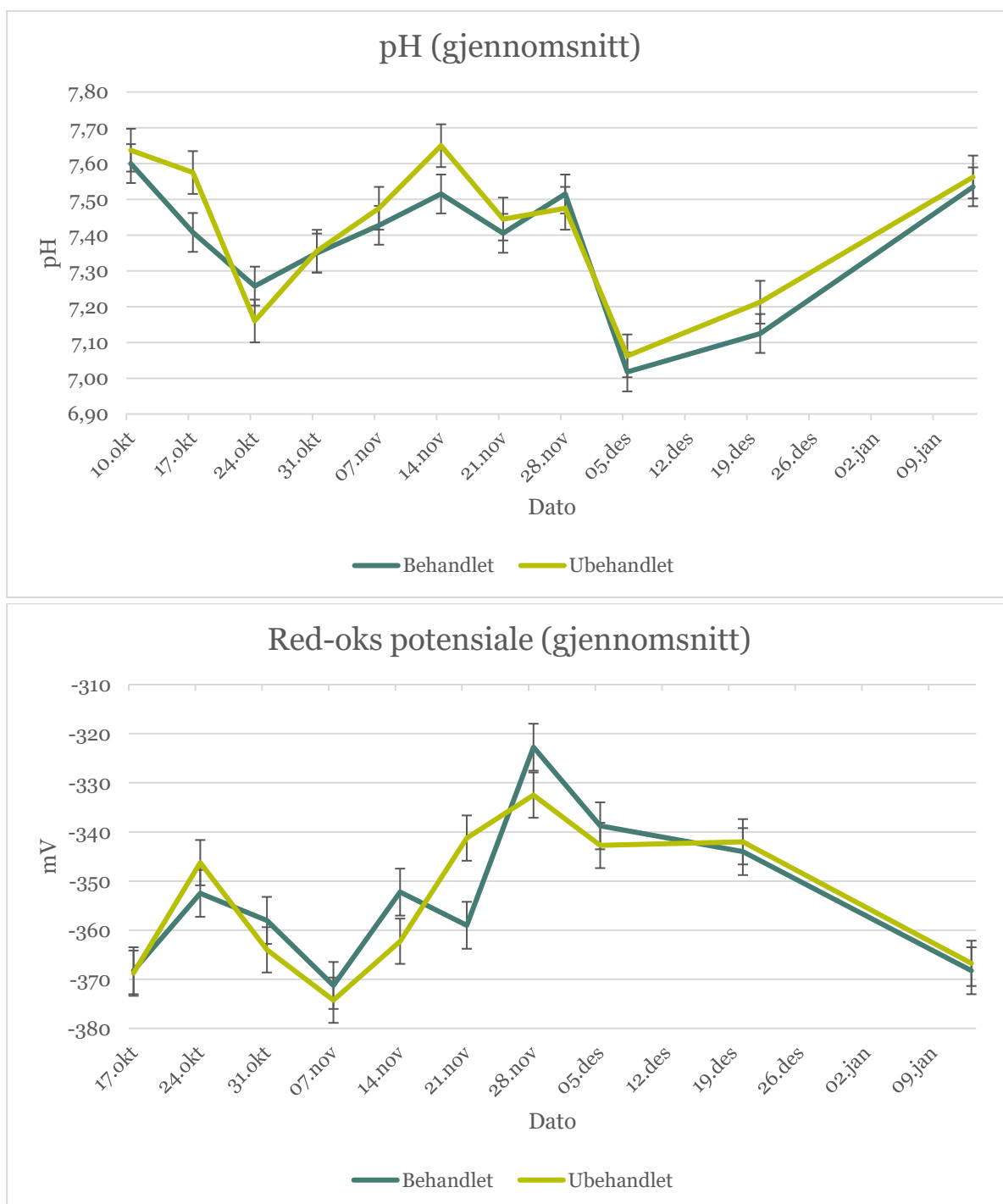


Bilde 4. Overflaten i pallettankene 5.1.2018. Se forklaring under Bilde 2.



Bilde 5. Overflaten i pallettankene 16.1.2018. Se forklaring under Bilde 2.

pH og red-oks verdier ble målt i alle tankene underveis (Figur 4 og 5). Som vi ser varierer det noe mellom datoer, men gjennomgående lå behandlet gjødsel noe under ubehandlet gjødsel i pH-verdi. Forskjellene er imidlertid så små at det neppe vil ha noen praktisk betydning for ammoniakktapet. Vi skal også huske at prøvene er tatt uten omrøring. Vi vet lite om hvordan pH vil variere i et gjødsellager som ikke er omrørt. Red-oks potensialet (pE) er en vanlig egenskap å måle i jord og kompost, for å karakterisere tilgangen på luft. Ved reduserende forhold er lufttilgangen dårlig. Verdien -100 mV brukes ofte som en grense mellom anaerobe og aerobe forhold. Nedbrytning av organisk materiale, slik det skjer i gjødsel som lagres ved 14 °C, er en form for oksidering, og gjør dermed red-oks potensialet mindre negativt. I vårt forsøk var det en innledende økning i potensial, og deretter en nedgang. Det var ikke tydelige forskjeller mellom behandlingene. Verdiene varierte mellom -320 og -370 mV.



Figur 6 og 7. pH og red-oks i palletankene under fermenteringsforsøket.

### 3.2.2 Biogassforsøk

Da forsøket med biogassreaktorer ble startet opp, ble gjødsel fra de to behandlingene lagret i tette spann i 3 dager ved ca. 14 °C, rett ved siden av palletankene. Det var da tydelig at gassutviklingen var sterkere i gjødsla som var ubehandlet (ikke fått EM). Beholderen hadde utviklet et betydelig trykk (Bilde 6).



*Bilde 6. Bøtter med ubehandlet (til venstre) og EM-behandlet (til høyre) etter tre dager. Legg merke til trykk i bøtta til venstre.*

Reaktorene 1 og 3 fikk EM behandlet gjødsel mens reaktorene 2 og 4 fikk ubehandlet gjødsel. Gassproduksjonen kom i gang nesten umiddelbart i alle fire reaktorer. I de to reaktorene som fikk ubehandlet gjødsel var det tydelig skumdannelse (Bilde 7). Det er det samme substratet som utviklet trykk i bøtta. Som nevnt tidligere var det tekniske problemer med to av gassmålerne. En sluttet å virke rett etter at forsøket ble startet, og en annen telte ikke alle omdreininger.



Bilde 7. Testreaktorer for biogass fylt med gjødsel med eller uten tilsetning av EM. Fra venstre: Reaktor nr. 1 og 3 med gjødsel behandlet med EM, reaktor nr. 2 og 4 med gjødsel ikke behandlet med EM. Merk skumdannelse i reaktor nr. 2 og 4 (gjødsel uten EM).

## 4 Diskusjon

Red-oks verdier i husdyrgjødsel kan variere mye. I vårt forsøk, med gjødsel fra melkeku var det ikke tydelige forskjeller mellom behandlingene. Verdiene varierte mellom -320 og -370 mV. Weinfurtner (2011) har referert tre undersøkelser av red-oks nivå i gjødsel, og beskriver at flytende grisejødsel typisk har et red-oks potensial rundt -350 mV, med en viss sesongvariasjon. Hjorth m.fl. (2012) fant tilsvarende verdier for bløtgjødsel fra ku, og omlag -400 mV for flytende grisejødsel. I en undersøkelse fra Canada av bakterier i flytende gjødsel fra gris (Leung & Topp 2001), var red-oks potensialet -190 mV in uluftet gjødsel med pH 8,0 og 0,6 % TS. Etter 49 dager med lufttett lagring, eller kontinuerlig lufting, var red-oks potensialet -180 mV (pH 8,1) uten lufting, og +280 mV (pH 9,5) med kontinuerlig lufting. Allerede etter to dager var det positive red-oks verdier i luftet gjødsel (+170 mV, pH 9,3). Våre negative verdier tyder på at det ikke var betydelig luftveksling gjennom den lille åpningen i tankene der lokkene var lagt lett på unntatt ved de to gassmålingene.

I vår undersøkelsen var det ingen effekt på N-innholdet i gjødsla etter tilsetning av produktene N-enhance+ og Microferm i henhold til veiledning fra produsenten. Dette tyder på at produktene ikke hadde noen effekt på N-tapet fra beholderne. Hvis N-tapet hadde vært redusert, slik det hevdes at produktene skal virke, burde N-innholdet vært høyere i tankene med EM-behandlet gjødsel. Behandling med EM ga en noe lavere pH på enkelte måledatoer, og en tendens til kraftigere gassutvikling under lagring i palletanker. Dette tyder på at tilsetningen stimulerte gjæringsprosessene i gjødsla. Det kunne være interessant å undersøke hvilken effekt tilsetning av EM kan ha på biogassproduksjon. Det ble ikke målt nøyaktig hvor mye gjødsel som var i tankene og om tankene ble lettere i løpet av forsøket (massebalanse). Et eventuell større massetap fra de behandlede tankene kunne vist oss noe om omfanget av gjæringen.

Forsøket ble utført ved en høy temperatur, som i seg selv fremmet gjæringsprosesser. 14 °C er gjennomsnittlig høysommertemperatur i sørlige områder av Norge, og fire måneders lagring ved slik temperatur er ikke realistisk. Temperaturen var imidlertid godt egnet til å stimulere N-tap, slik at den viktigste hensikten med forsøket- å avdekke om EM kunne redusere N-tap- dermed kunne få større sjanse til å bli dokumentert.

## 5 Litteratur

Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T. & Moitzi, G. 2004. Ammonia, methane and nitrous oxide emissions during storage of cattle and pig Slurry and influence of slurry additive „Effective Micro-Organisms (EM)“. Final Report, February 2004 On Behalf of Multicraft Gesellschaft mbH, Haiding/Wels Østerrike. Tilgjengelig 29.5.2018 på [https://www.researchgate.net/publication/228794117\\_Ammonia\\_methane\\_and\\_nitrous\\_oxide\\_emissions\\_during\\_storage\\_of\\_cattle\\_and\\_pig\\_slurry\\_and\\_influence\\_of\\_slurry\\_additive\\_Effective\\_Micro-Organisms\\_EM](https://www.researchgate.net/publication/228794117_Ammonia_methane_and_nitrous_oxide_emissions_during_storage_of_cattle_and_pig_slurry_and_influence_of_slurry_additive_Effective_Micro-Organisms_EM)

EMRO (EM effective micro-organisms LTD) 2018. Tilgjengelig 29.5.2018 på <https://www.effectivemicro-organisms.co.uk/agriculture/enhance-slurry-treatment/>

Hjorth, M.B, Pedersen, C.Ø. & Feilberg, A. 2012. Redox potential as a means to control the treatment of slurry to lower H<sub>2</sub>S emissions. *Sensors* 12(5): 5349-5362.

Leung, K. & Topp, E. 2001. Bacterial community dynamics in liquid swine manure during storage: molecular analysis using DGGE/PCR of 16S rDNA. *FEMS Microbiology Ecology* 38: 169-177.

McCrary, D.F. & Hobbs, P.J. 2001. Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: a review. *Journal of Environmental Quality* 30: 345-355.

Sommer, S.G. & Husted, S. 1995. The chemical buffer system in raw and digested animal slurry. *The Journal of Agricultural Science* 124: 45-53.

Sommer, S.G., Christensen, M.L., Schmidt, T. & Jenssen L.S. (eds) 2013. *Animal Manure Recycling: Treatment and Management*. Wiley, UK.

Van der Stelt, B., Temminghoff, E.J.M., Van Vliet, P.C.J., Van Riemsdijk, W.H. 2007. Volatilization of ammonia from manure as affected by manure additives, temperature and mixing. *Bioresource Technology* 98: 3449–3455

Xu, H.L. 2008. Effect of a microbial inoculant and organic fertilizers on the growth, photosynthesis and yield of sweet corn. *Journal of Crop Production* 3: 183-214.

Weinfurter, K. 2011. Matrix parameters and storage conditions of manure. Federal Environment Agency (Germany), Texte 2/2011. Tilgjengelig 11.12.2018 på <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/matrix-parameters-storage-conditions-of-manure>





**Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.**

**Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.**

**Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK / Gunnars veg 6 / NO-6630 TINGVOLL/  
Telefon: +47 930 09 884 / E-post: [post@norsok.no](mailto:post@norsok.no) / [www.norsok.no](http://www.norsok.no)**

**Forsidebilde: Joshua Cabell og tekniker Anne de Boer forbereder forsøket. Foto: Anne-Kristin Løes.  
Andre bilder i rapporten er tatt av Joshua Cabell.**