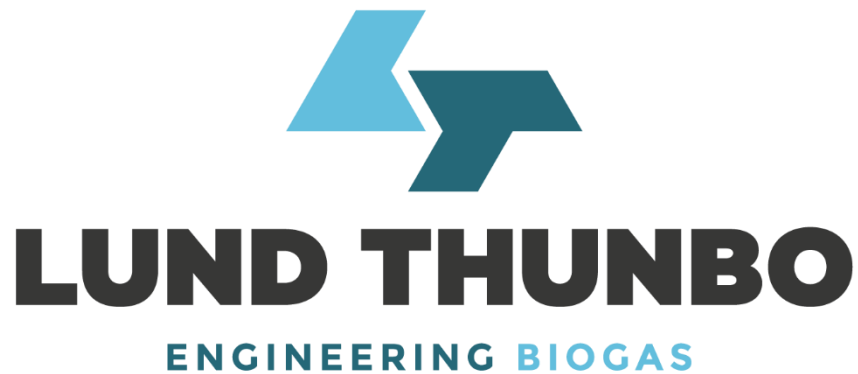


---

# UTRÅTNINGSTEST

---

Vireo – uträttningstest med planlagte substrater



19. august 2021

Lund Thunbo ApS  
Holmbjergvej 97  
DK-8420 Knebel



Innledning .....	2
Metode og materialer.....	2
Kugjødning.....	3
Fiskeslam.....	3
Glykol.....	3
Matavfall.....	3
Fiskeensilasje.....	4
Testreaktorer .....	5
Gassmåling.....	6
Metanmåling.....	7
Analyse av fettsyrer .....	7
Analyse av tørrstoff og organisk material .....	7
Analyse nitrogen.....	8
Resultater.....	8
Lista biogass .....	8
Hardanger biogass .....	9



## Innledning

Under Vireo AS planlegges å bygge to biogassanlegg på hhv. Lista og Hardanger.

Disse to anleggene skal produsere biogass av ulike substratsammensetninger bestående av kugjødsel, fiskeslam, fiskeensilasje, glykol og, på Lista, slurry av kildesortert matavfall.

Da biogassanleggene krever en relativt stor investering er det viktig å få avdekket om det beregnede biogasspotensial kan oppnås i virkeligheten og om det kan oppnås prosesstabilitet med den blanding av substrater som er planlagt.

Gasspotensialet kan for de fleste av substratene finnes i litteraturen fra andre anlegg eller fra forskningsforsøk, men blandingen som planlegges på disse to anleggene etterprøves, slik at de beregnede verdier kvalitetssikres.

Dette gjøres ved å sette opp biogassanleggene i mini-skala i Danmark. Mikrobiologien som produserer biogassen bryr seg ikke om de er i en stor beholder på flere tusen kubikkmeter, eller om de er i en liten bøtte på få liter. Hvis de har de rette temperaturforhold og substrater de kan omsette vil de gjøre nøyaktig det samme i den lille beholder som de ville i den store tank.

Med små beholdere og mye mindre mengder substrat kan vi derfor teste og kvalitetssikre de beregninger som ligger til grunn for investeringen i biogassanleggene.

## Metode og materialer

Det er innsamlet og blandet substrater fra ulike kilder for å kunne teste gasspotensialet:

- Kugjødsel fra en lokal melkebonde, Lisbet Klinge, Knebel.
- Fiskeslam fra Danish Salmon i Hirtshals.
- Glykol, kjøpt i konsentrat og tynnet ut med vann til rette tørrstoff-%.
- Matavfall fra eget kjøkken, blendet til slurry og tynnet ut med vann til rette tørrstoff-%.
- Laksefilet som blendes og ensileres med maursyre.



## Kugjødning

Kugjødningen er innhentet hos en lokal melkebonde, Lisbet Klinge, Syddjurs, Danmark, som har 80 melkekur. Disse har sand i leggebåsene og derfor er det relativt mye sand i den gjødning som har blitt brukt. Dette kommer til uttrykk i høyt tørrstoffandel (TS) og tilsvarende lav andel av organisk material (VS) i forhold til tørrstoffmengden. Dog er andelen av organisk material i forhold til den våte mengde ganske typisk og vil være noenlunde tilsvarende det som kan innsamles rundt biogassanleggene i Norge.



Figur 1 - Kugjødning blannes før det doseres i mindre bøtter

## Fiskeslam

Fiskeslammet er hentet hos Danish Salmon i Hirtshals, Danmark. Danish Salmon har lakseoppdrett på land fra egg klekking til full slakteklar størrelse. Slammet fra Danish Salmon vil derfor være ganske likt det som vil være tilgjengelig på Lista biogassanlegg da det har et tørrstoffinnhold på ca. 7%. På Hardangeranlegget planlegges det å bruke avvannet fiskeslam med et tørrstoffinnhold på ca. 30%. Det har ikke vært mulig å skaffe eller fremstille dette. I stedet er det innsamlede fiskeslam avvannet til ca. 11-12% TS, for bruk i Hardanger-reaktoren, så det tross alt er litt mer konsentrert enn det som tilføres Lista-reaktoren.

## Glykol

Det er kjøpt inn 5 L konsentrert monoetylglykol som er den glykolytpe det er skrevet avtale på å motta til biogassanleggene.

Dette konsentrerte glykol er tynnet ut med vann til ca. 60% glykol for å være likt det som skal mottas på anleggene.

## Matavfall

Matavfallet som er tilført Lista-reaktoren er tatt fra egen kjøkken. Det inneholder derfor ikke plast og sann som en kan forvente litt av i den riktige slurrien som anlegget skal motta.

Matavfallet er blendet til en grøt og tynnet ut med vann slik at den har en TS% på ca. 12%. Det vi forventer den kommer til å få i virkeligheten når den ankommer fra Erikstemmen.



Figur 2 - Konsentrert glykol tynnes ut med vann til 60%

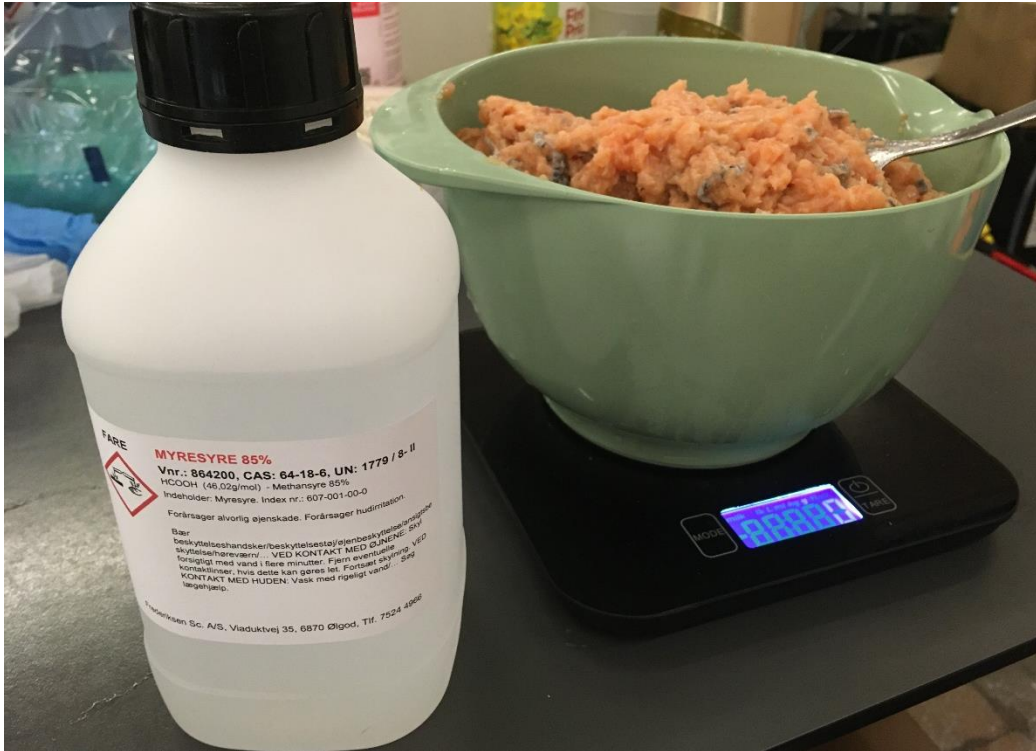


*Figur 3 - Matavfall blendes til en slurry*

### Fiskeensilasje

Fiskeensilasjen er også hjemmelaget. Det er kjøpt inn laksefilet som er blendet og blandet med maursyre til en pH på ca. 3,5. Det ble tilsatt ca. 2% maursyre i forhold til fisk for å oppnå denne pH-verdi.

Dette ligner på prosessen som utføres ved lakseoppdrettene når døde fisk ensileres. Dog er det ikke bein i laksefiletene brukt i forsøket. Bein i fiskeensilasjen vil typisk medføre et litt større syreforbruk.



Figur 4 - Blendet laksefilet tilsettes maursyre for å ensilere fisken

## Testreaktorer

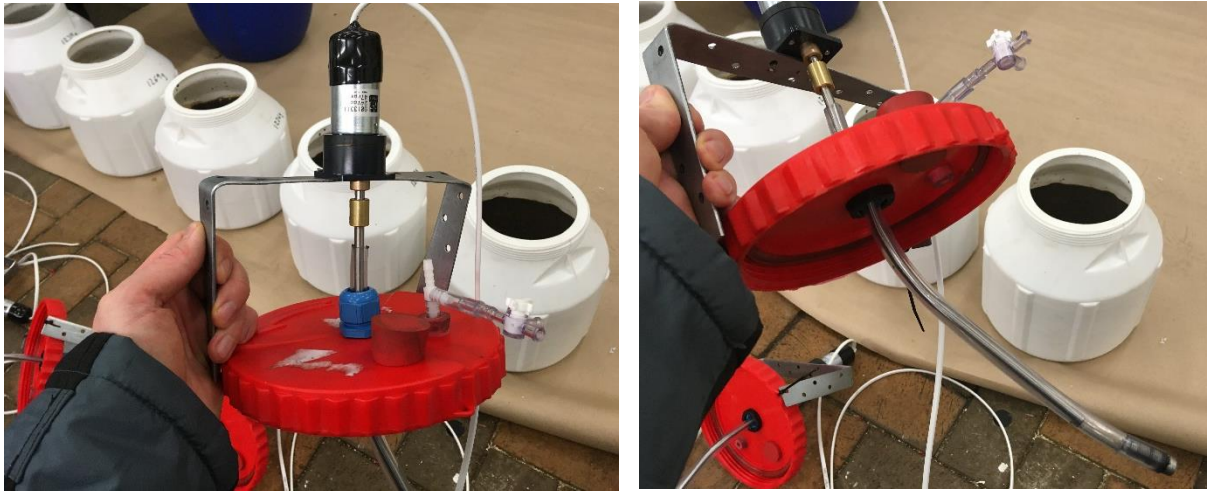
5 reaktorer på hver 8L volumen ble bygget av tette plastbeholdere. I låket ble det bygget inne omrører, gassuttak og hull for tilførsel av substrat. Nederst på bøtten ble det laget et hull for uttak av substrat.

Hver reaktor ble fylt med 6L substrat og ble plassert i en kasse bygget av isopor. Denne ble varmet opp til reaktorenes driftstemperatur.

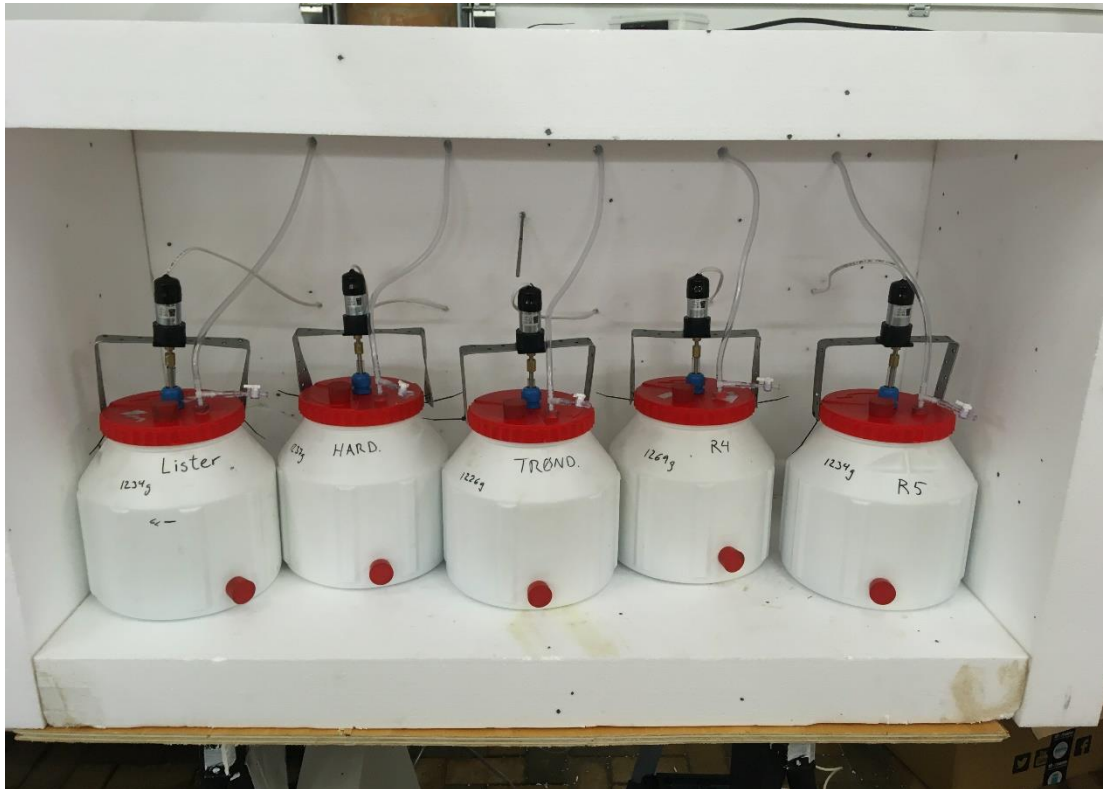
Slange for gassuttak ble ført bak ut av kassen til gassmålesystemet.

De første 3 reaktorene representerer substratblandingen på hhv. Lista, Hardanger og Trøndelag-anleggene. Nr. 4 kjørte igjennom forsøket med kugjødssel + et av de andre substratene. Det ble kjørt en periode med glykol, en periode med fiskeensilasje og en periode med organisk husholdningsavfall.

Reaktor nr. 5 kjørte med husdyrgjødssel gjennom hele forsøksperioden som referanse.



Figur 5 - Gasstett lokk og omrører på reaktorene



Figur 6 - Reaktorene plassert i isoporkasse som varmes opp

## Gassmåling

Biogassproduksjonen måles en gang i døgnet.

Gassmålesystemet for hver reaktor er bygget av en 25L dunk som er satt inni en 30L dunk. Toppen av 30L dunken er skåret av så den har form som et kar. Den er deretter fylt opp med vann. I bunn av 25L dunken er det boret huller slik at den stå nede på bunn av karet. Gjennom toppen tilføres gassen og det løfter 25L dunken opp av 30L dunken. Høyden avspeiler mengden av biogass som er



produsert. Vannet i karet forsures med saltsyre slik at CO<sub>2</sub>'en i biogassen ikke skal løses opp i vannet, men forblir på gassform.

## Metanmåling

Fordi biogass primært består av metan og CO<sub>2</sub> kan mengden av metan analyseres ved å fjerne CO<sub>2</sub>'en. I praksis gjøres dette ved å ta en prøve av biogassen i en sprøyte. Deretter suges opp litt base, i dette tilfelle kaliumhydroksid. Basen absorberer CO<sub>2</sub>'en og det som er igjen i sprøyten er metan.

En 30ml sprøyte ble brukt til dette. 30ml gass ble suget opp i sprøyten, deretter en mindre mengde basisk væske. Sprøyten rystes slik at CO<sub>2</sub>'en absorberes i væsken. Væsken trykkes ut av sprøyten og verdien avleses. Er det eksempelvis 20ml igjen i sprøyten var det 20/30 metan i gassen svarende til 66,6%.

## Analyse av fettsyrer

Når substratene tilføres reaktorene skjer det en rekke mikrobiologiske prosesser før biogassen dannes:

- Først skjer det en hydrolyse, der partikler brytes ned til proteiner, sukker, aminosyrer, fettkjeder mv.
- Deretter skjer det en dannelse av fettsyrer, hydrogen og CO<sub>2</sub>.
- I siste steg omdannes fettsyrer, hydrogen og CO<sub>2</sub> til metan.

Fettsyrene er eksempelvis eddiksyre, propionsyre, maursyre, smørsyre m.fl.

I løpet av testperioden har fettsyrenivået i de ulike reaktorer blitt analysert. Det har vært størst fokus på VFA analyse av Lista, Hardanger og Trøndelag-reaktorene, da disse har hatt høye fettsyrekonsentrasjoner. Reaktor 4 og 5 har ligget lavt igjennom hele perioden.

Fettsyreanalysen er viktig da den sier noe om prosessens stabilitet. Hvis ikke de metanproduserende mikrober i siste steg trives, da vil fettsyrekonsentrasjonen stige. På et tidspunkt vil dette bli et problem for mikrobiologien som da vil stoppe med å produsere gass. Så nivået av fettsyrer (VFA) er en viktig indikator for hvor sunn og stabil den mikrobiologiske prosess er.

Analysen ble i praksis gjort ved å ta ut en prøve på 5 ml substrat fra hver reaktor. Den ble målt for pH, som typisk har ligget på 7,8-8,2. Deretter ble prøven titrert med svovelsyre til pH 5,1 og deretter til pH 3,5. Mengden av tilsatt svovelsyre kan da omregnes til konsentrasjon av fettsyrer.

## Analyse av tørrstoff og organisk material

Det nytter ikke noe å måle gassproduksjonen, hvis ikke en vet hva som er puttet i biogassreaktoren. Den våte vekt av substratene ble veiet av ved dosering i mindre bøtter, men de ulike substrater inneholder ulike mengder tørrstoff og dette tørrstoff består av ulike mengder organisk material.

Substratene består kort fortalt av: Vann, tørrstoff, organisk material og aske/mineraler.





Det er det organiske material (VS) som omsettes til biogass. Ikke alt organisk material kan dog omsettes mikrobiologisk. Lignin, som finns i planter sammen med cellulose og hemisellulose, er eksempelvis vanskelig å omsette. Er en stor del av det organiske material lignin vil en få mindre gass ut av det organiske material. Er der ingen ligning i det organiske material, men i stedet mye protein og fett som det er med lakseensilasjen. Da vil det kunne produseres mye biogass av det organiske material.

For å måle hvor mye organisk material som tilføres reaktorene ble substratene enkelvis, og i blannet dosis, avvejet i en alu-bakke.

Denne ble plassert i en ovn og tørket i et døgn ved 100°C for å fordampe vannet.

Substratprøvene veies igjen og det er da tørrstoffet som er igjen i alu-bakken.

Deretter settes substratprøvene i ovnen igjen og de pyrolyseres ved 4-500°C. Da avbrennes alt det organiske material og det er bare aske igjen i alu-bakken.

Asken veies, og det beregnes hvor mye organisk material som har forsvunnet siden tørrstoffet ble veiet av.

## Analyse nitrogen

For analyse av ammonium (NH<sub>4</sub>) og total N har analyser blitt tatt av substrater og biorest.

Analysene er deretter utført av OK laboratorium for jordbrug i Viborg.

Sist i forsøket ble prøvene også analysert for fosfor, kalium, kobber, magnesium og zink. Disse analysene ble også utført ved OK laboratorium for jordbrug.

## Resultater

### Lista biogass

På lista biogass ble det igjennom forsøket observert en relativt god stabilitet. Det ble observert en stigende konsentrasjon av total-VFA i forsøkets uke 13 der det ble forsøkt å flytte en del av fiskeensilasjen fra Hardanger-anlegget til Lista-anlegget. Den endringen skjedde for raskt og resulterte i en VFA økning. Anlegget kom seg dog fint tilbake og kjørte den siste perioden med blandingen som er vist herunder.

Substrat	Mengde våt (ton/år)	TS%	TS mengde (ton)	VS%	VS mengde (ton)
Gjødsel (ku)	86000	9,9%	8.488	48,2%	4.088
Fiskeslam	88000	6,6%	5.789	45,9%	2.658
Fiskeensilasje	18000	30,6%	5.510	87,2%	4.804
Matavfall slurry	12000	11,8%	1.414	93,9%	1.327
Glykol	3750	60%	2.250	98%	2.212
Vann	20000				-
Sum	227.750	10,3%	23.450	64,3%	15.090



Den siste måned av forsøket lå VFA nivået relativt stabilt rundt 1.000 mg/L

pH verdien i anlegget lå stabilt på 7,7-7,8 det meste av tiden. Dog var den oppe på 8 i perioden med høye VFA verdier hvor tot-N og NH<sub>4</sub> også var høyest.

I den siste stabile perioden var tot-N på 4,25-5,3 g/L og NH<sub>4</sub> på 2,78-3,09 g/L

Metanproduksjonen var i gjennomsnitt 0,488 L/gVS i den siste måned av forsøket. Metankonsentrasjonen var på 65,5% i gjennomsnitt.

Bioresten fra siste uke i forsøket ble sendt til analyse med følgende resultat:

Analyse	Enhet	Verdi
Tørrstoff	%	3,58
Tot-N	g/L	4,39
Ammonium-N	g/L	2,87
Fosfor	g/L	0,58
Kalium	g/L	1,44
Kobber	mg/L	2,30
Magnesium	mg/L	543
Zink	mg/L	13

## Hardanger biogass

Hardanger anlegget var preget av tegn på vesentlig mer ustabilitet igjennom forsøket sammenlignet med Lista anlegget. Det var generelt relativt høye VFA nivå på 3.000-4000 mg/L med kortvarige konsentrasjoner på 6.000-7.000 mg/L i løpet av april og mai, forsøkets uke 8-14.

Dette henger sammen med mengdene av fiskeensilasje som ble tilført Hardanger anlegget. Fiskeensilasjen ble sannsynligvis trappet opp for raskt igjennom uke 6-8. Den ble derfor nedtrappet igjen for å gi prosessen ro til å venne seg til ensilasjen og de relativt høye nitrogennivå.

I den siste del av forsøket kjørte Hardangeranlegget med følgende blanding:

Substrat	Mengde våt (ton/år)	TS%	TS mengde (ton)	VS%	VS mengde (ton)
Gjødsel (ku)	70000	9,9%	6.909	48,2%	3.328
Fiskeslam	12000	11,9%	1.423	53,2%	756
Fiskeensilasje	22000	30,6%	6.735	87,2%	5.872
Glykol (60%)	3750	60%	2.250	98%	2.212
Vann	10000				
<b>Sum</b>	<b>117.750</b>	<b>14,7%</b>	<b>17.316</b>	<b>70,3%</b>	<b>12.167</b>

Den siste måned av forsøket lå VFA nivået relativt stabilt rundt 1.000-2.000 mg/L

pH verdien i anlegget lå stabilt på 7,8-7,9 det meste av tiden. Dog var den oppe på 8,2-8,4 i periodene med høye VFA verdier hvor tot-N og NH<sub>4</sub> også var høyest.

I den siste stabile perioden var tot-N på 4,98-5,67 g/L og NH<sub>4</sub> på 3,57-4,02 g/L



Metanproduksjonen var i gjennomsnitt 0,495 L/gVS i den siste måned av forsøket. Metankonsentrasjonen var på 65,2% i gjennomsnitt.

Bioresten fra siste uke i forsøket ble sendt til analyse med følgende resultat:

Analyse	Enhet	Verdi
Tørrstoff	%	4,30
Tot-N	g/L	5,97
Ammonium-N	g/L	4,07
Fosfor	g/L	0,60
Kalium	g/L	1,97
Kobber	mg/L	2,60
Magnesium	mg/L	437
Zink	mg/L	12