



Ombygning og igangsætning af Kerteminde biogasanlæg

1. Indholdsfortegnelse

2. Baggrund	2
3. Forudsætninger.....	2
4. Forslag til tiltag	3
5. Overslag over gasproduktionen	5
6. Overslag over muligt salg af el/varme eller gas	7
7. Procesovervejelser	7
1. Valg af supplerende biomasse	8
2. Reaktorvolumen	9
8. Konklusion	10
9. Bilag.....	11

Bilagsoversigt

1. Data for den eksisterende Jenbacher motor
2. Indføddning af fast biomasse
3. Scenarier for motordrift
4. Supplerende rensning for svovl

2. Baggrund

Efter aftale med Henrik Luunbjerg (HL) er der udarbejdet et forslag til opbygning og i igangsætning af Kerteminde biogasanlæg. Notatet er udarbejdet af Søren G. Rasmussen, AgroTech og Michael Støckler, Videncentret for Landbrug på baggrund af besigtigelse af anlægget og udleveret materiale. Der er ikke foretaget en gennemgang af anlægget med henblik på at vurdere de enkelte installationers tilstand. Notatet skal belyse mulighederne for en ny driftsform af anlægget, og hvilke tiltag der vil være nødvendig i forbindelse hermed.

3. Forudsætninger

Følgende forudsætninger er oplyst forud for besigtigelsen af anlægget:

Anlægget er renoveret i 2006, hvor der er indsat en 550 kW Jenbacher motor, som pt. har kørt 58.000 timer.

Der er tre modtagetanke på hhv. 100, 100 og 600 m³ samt to tanke til det afgassede materiale på 1.500 m³ hver.

Der er tre ældre 200 m³ reaktorer, som i 2006 er udvidet med en 2.700 m³ reaktortank. Reelt en isoleret gylletank med dobbelt overdækning, som fungerer som reaktor og gaslager.

Biogasanlægget er bygget på en kvægejeendom, hvor køerne er ved at blive sat ud. Fra køerne er der ca. 1.000 t dybstrøelse/møg. Der er foderroer fra ca. 4 ha og majsensilage fra ca. 35 ha på lager. Det er vel at bemærke kun i 2011, der er dybstrøelse, mens der kan sås roer og majs til foråret.

Der er pt. gylleaftaler om levering af 3.000 m³ minkgylle, 6.000 m³ svinegylle (blandet), som HL selv kan bruge på markerne. Desuden er der aftale om at låne 3.000 m³ kvæggylle og 5.000 m³ blandet svinegylle. Alt i alt ca. 17.000 m³

HLs tanke er at supplere den løbende leverance af gylle med majs eller roer og græsensilage lavet af hhv. slæt på høstet hvidkløver (30 ha) og slæt på rødsvingel (30 ha). Når anlægget kommer i drift, vil der være mulighed for at så rug i september og så høste det som grønrug, i det efterfølgende år, inden majsens etableres i slutningen af april.

HL efterlyser ideer til, hvad anlægget kan fodres med, og hvilke tiltag der kunne foretages for at forbedre anlægget.

De forventede data for den eksisterende motor er vedlagt som bilag 1.

Forudsætninger for den estimerede værdi af gassen

Der er foretaget beregninger af den forventede værdi af gassen. Der er principielt to forskellige måder at afsætte gassen på:

1. Gassen afsættes til ekstern kraftvarmeproduktion eller til gasnettet.
2. Der produceres el og varme af gassen på biogasanlægget, hvor el sælges til nettet og varmen afsættes til fjernvarme.

Beregningerne er foretaget, dels med de nuværende priser for afregning af el og varme, dels med de priser som Brancheforeningen for biogas (BB) har ønsket i forbindelse med det kommende energiforlig. Der er ikke foretaget beregninger i henhold til forhandlingsudspillet "Vores energi" fra regeringen. Der er i udspillet nogle afgørende usikkerheder, der skal belyses, inden det giver mening at foretage beregninger i henhold til udspillet.

	El	Varme	Varme	Gas
	kr./kWh	kr./ kWh	% solgt	kr./ Nm ³ CH ₄
Eksisterende forudsætninger	0,78	0,25	Se bilag 3	3,5
BB forudsætninger	1,15	0,35	Se bilag 3	5,15

Tabel 1. De anvendte forudsætninger ved beregning af værdien af den producerede gas. BB er udspillet fra Brancheforeningen for Biogas.

4. Forslag til tiltag

Anlægget bærer præg af at være udbygget og ombygget i flere omgange, og de enkelte komponenter i anlægget er af meget varierende kvalitet. I den nuværende opbygning er der tre forskellige modtagetanke, to firkantede placeret under terræn og en rund ca. 1 m over terræn. I forbindelse med ombygningen i 2006 er der installeret et opvarmningsmodul. Der er tre små bioreaktorer og en stor bioreaktor i betonelementer med dobbelt overdækning, som også fungerer som gaslager. Den store bioreaktor er forsynet med varmespiral. Desuden er der to efterlagertanke, hvoraf den ene er med overdækning. Gassen renses i gaslageret ved indblæsning af luft, og gassen anvendes i gasmotor.

Der er mange små installationer på anlægget, som gør anlægsopbygningen kompliceret og meget maskin- og udstyrstung. Efter besigtigelsen vurderes det, at en stor del af de maskinelle installationer og instrumenteringen trænger til en renovering eller udskiftning, hvorfor det i de stillede forslag er forsøgt at begrænse antallet af enheder i anlægget.

I de skitserede forslag anvendes de to eksisterende fortanke på hver ca. 100 m³ ikke pga. tankenes tilstand, begrænsede volumen og den uhensigtsmæssige geometri, som fordrer et stort energi input for at holde tankene omrørt.

Den eksisterende gasrensning foretages ved indblæsning af luft til gaslageret over bioreaktoren. Med denne metode reduceres svovlindholdet i gassen pt. fra ca. 800 ppm til ca. 200 ppm., hvilket fortsat er et relativt højt indhold af svovl. Uanset om gassen skal afsættes direkte, eller der vælges en anvendelse i gasmotoren på anlægget, vil det være hensigtsmæssigt at få renset gassen yderligere. Forslagene indeholder derfor en udvidelse af gasrensningen med en gasscrubber.

Der er opstillet forslag hvor:

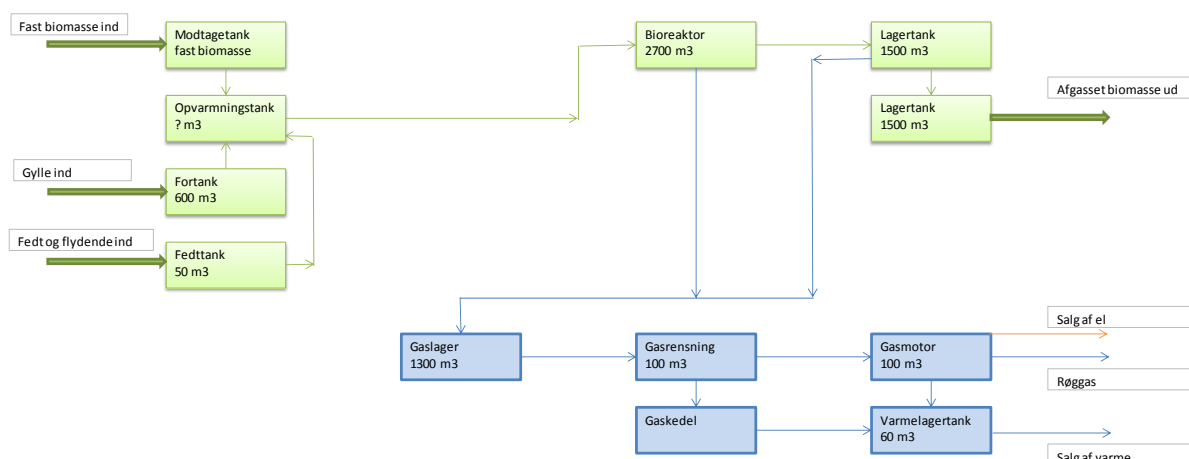
- Der produceres gas på baggrund af de oplyste tilgængelige biomasser, og energioverskuddet sælges som el og varme.
- Der produceres gas på yderligere biomasse, således den eksisterende motor kan udnyttes optimalt og energioverskuddet sælges som el og varme.
- Der produceres gas på baggrund af de oplyste tilgængelige biomasser, og den producerede overskudsgas sælges.
- Der produceres gas på yderligere biomasse, og den producerede overskudsgas sælges.

Fælles for forslagene er, at det forudsættes at:

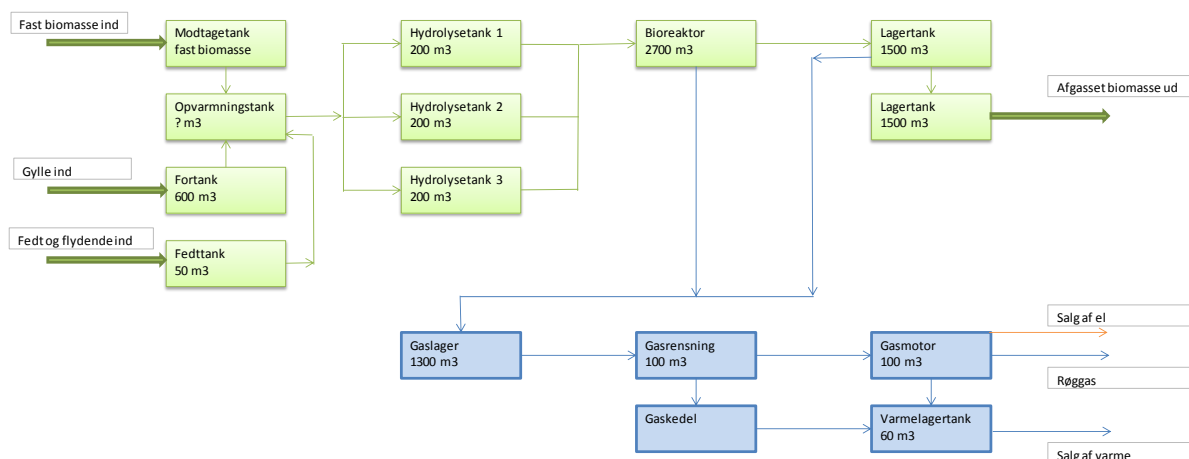
- Den eksisterende bioreaktor på 2700 m³ genanvendes og isoleres.
- Det eksisterende gaslager genanvendes.
- Den eksisterende gasrensning udskiftes eller suppleres med en gasscrubber.
- Den eksisterende fedttank genanvendes.
- Den eksisterende fortank på 600 m³ genanvendes.
- Der installeres et nyt indfødningsystem til faste biomasser.
- Den eksisterende lagertank på 1.500 m³ renoveres og forsynes med gastæt overdækning, hvorfra der opsamles gas.
- Den eksisterende lagertank på 1.500 m³ anvendes fortsat som lagertank.
- Den eksisterende gasfakkel genanvendes.
- Det eksisterende varmelager genanvendes.

De eksisterende reaktorer, hver med et volumen på 200 m³, kan anvendes til en indledende hydrolyse af biomassen, inden denne pumpes til bioreaktoren (2.700 m³). Det forudsættes i forslag 1 og 3, at de tre små reaktorer er i en sådan stand, at det kan svare sig at sætte dem i drift. I forslagene 2 og 4 er de tre små reaktorer udeladt.

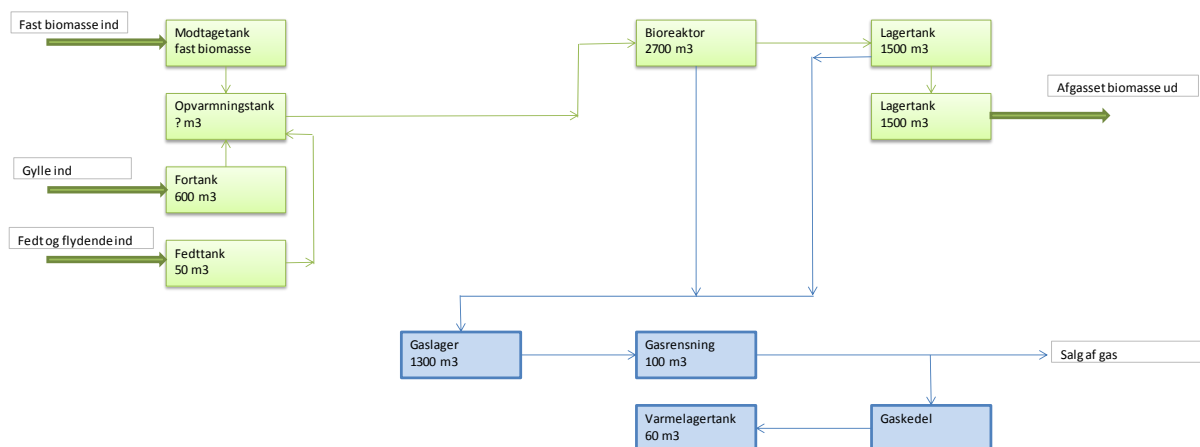
I de følgende fire figurer er anlægsopbygningen i fire situationer skitseret.



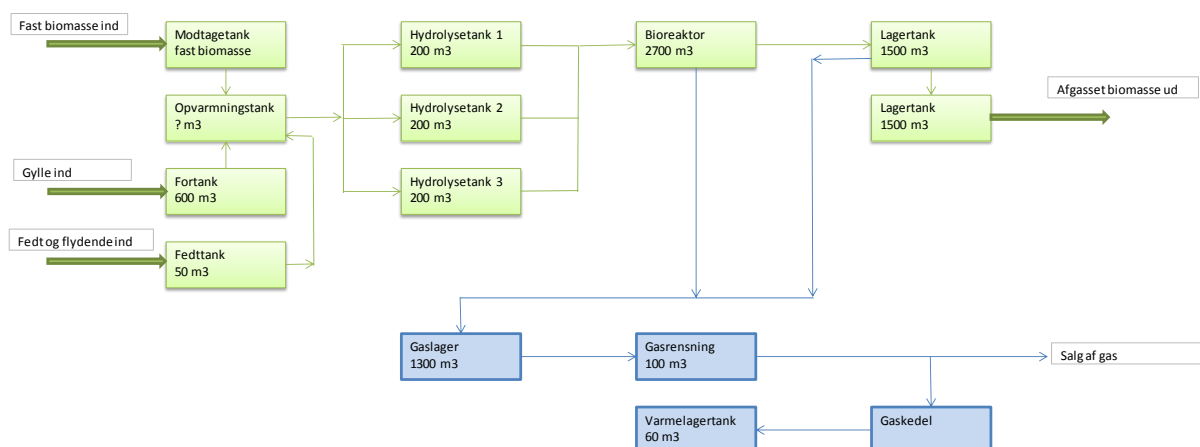
Figur 1 Forslag 1. Der produceres gas på baggrund af de oplyste tilgængelige biomasser og energioverskuddet sælges som el og varme. Der etableres nyt indfødningsystem til faste biomasser samt gasrensningssystem. Den eksisterende gasmotor renoveres og genanvendes.



Figur 2 Forslag 2. Der produceres gas på yderligere biomasse, således at den eksisterende motor kan udnyttes optimalt og energioverskuddet sælges som el og varme. De eksisterende reaktorer 1, 2 og 3 anvendes til en indledende hydrolyse af biomassen. Der etableres nyt indfødningsystem til faste biomasser samt gasrensningssystem. Den eksisterende gasmotor renoveres og genanvendes.



Figur 3 Forslag 3. Der produceres gas på baggrund af de oplyste tilgængelige biomasser, og den producerede overskudsgas sælges. Der etableres nyt indfødningsystem til faste biomasser samt gasrensningssystem.



Figur 4 Forslag 4. Der produceres gas på yderligere biomasse og den producerede overskudsgas sælges. De eksisterende reaktorer 1, 2 og 3 anvendes til en indledende hydrolyse af biomassen. Der etableres nyt indfødningsystem til faste biomasser samt gasrensningssystem.

5. Overslag over gasproduktionen

Der er foretaget en beregning af den gasproduktion, der kan forventes ud fra de biomasser, som umiddelbart er til rådighed.

Biomasse input/output		Flow	TS	%VS/TS	VS	CH4	CH4
Id	Biomasse	ton/år	%	%	%	Nm3/t	Nm3/år
17	Dybstrøelse, kvæg	1.000	27,5	80%	22	48	48.421
16	Kvæggylle, fiber, dekanter, 28 % TS, HBM	3.000	28,0	75%	21	47	140.208
32	Majsensilage, 30 % TS	1.750	30,0	96%	29	99	172.471
2	Std. svinegyille, mixed, 4,0 % TS	6.000	4,0	80%	3	9	51.795
33	Sukkerroer (toppe) silage	440	18,0	81%	15	58	25.597
22	Minkgylle, 7 % TS	3.000	7,5	80%	6	15	45.783
4	Std. svinegyille, mixed, 5,0 % TS	5.000	5,0	80%	4	11	53.953
Årligt input		20.190	12,1	81%	9,9	26,7	538.229

Tabel 2. Beregning af den forventede gasproduktion i Nm³ CH₄. Ved en metan procent på 60 % svarer dette til en biogasproduktion på 0,90 mio. m³ biogas pr. år. Det skal bemærkes, at de opgjorte biomasser giver anledning til et ammoniakindhold i biogasreaktoren på over 4 kg/m³, hvilket kan give anledning til en hæmning af den biologiske omsætningen.

Foruden denne biomasse forventes der slæt fra 30 ha med hvidkløver og 30 ha med rødsvingel. Hvidkløver forventes 1 tons TS/ha og rødsvingel 3,5 tons TS /ha, hvilket samlet giver et forventet udbytte på 135 tons TS/år. Det forventede gasudbytte ved slæt på frøgræsserne, efter der er høstet frø er meget begrænset og forventes at være 75 Nm³/t TS på baggrund af tyske erfaringer, men kan være højere.

Resultater fra forsøg på Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (DJF) viser, at det i 2007 var muligt at høste 5 tons TS/ha som grønrug, inden majs blev sået i starten af maj. Under forudsætning af, at der sås rug til høst som grønrug inden majs på 50 ha., medfører dette et forventet udbytte på 250 tons TS/år herfra. Gasudbyttet af grønrug forventet 275 Nm³/t TS.

Potentialet i de supplerende biomasser er opgjort til følgende:

Supplerende biomasse

	Areal	udbytte		gasudbytte	
	Ha	t/ha	t/år	m3 CH4/t TS	m3 CH4/år
Hvidkløver	30	1,0	30	75	2.250
Rødsvingel	30	3,5	105	75	7.875
Grønrug	50	5,0	250	275	68.750
Samlet	110		385	375	78.875

Tabel 3. Det forventede gaspotentiale i de supplerende biomasser, hvor der er regnet med grønrug fra 50 ha inden såning af majs.

Samlet set har de beskrevne biomasser således mulighed for at give en gasproduktion svarende til ca. 617.000 m³ CH₄/år. (svarende til 1,0 mio. m³ gas/år med et methanindhold på 60 %).

Forventet udnyttelse af motor

Der er i de foretagne beregninger taget udgangspunkt i:

1. Renovering og genanvendelse af den eksisterende Jenbacher gasmotor.
2. Installeringen af en ny og mere effektiv Jenbacher 312 med samme el effekt.
3. Installeringen af en ny og mindre Jenbacher gasmotor.

Beregningerne er gengivet i bilag 3.

De er fastsat en forventet driftstid på 8.200 timer/år.

Den samlede forventede gasproduktion skal næsten fordobles i forhold til det beskrevne tilgængelige biomasser for at få optimal udnyttelse af den eksisterende motor.

Der er ikke indhentet priser på de tre forslag til motorinstallation. Det vurderes, at den eksisterende motor kan renoveres for 500.000-600.000 kr. og at en ny motor i samme størrelse vil kunne installeres for 2,0-5,5 mio. kr. En ny motor vil have en lidt bedre virkningsgrad, men det forudsættes, at den eksisterende motor renoveres og genanvendes.

6. Overslag over muligt salg af el/varme eller gas

Der er lavet overslagsberegninger af, hvad salget af el og varme fra den eksisterende motor kan indbringe, såfremt den drives med gassen produceret af de "oprindelige biomasser", og hvad salget kan øges til, såfremt der suppleres med biomasser, således motoren kører med fuld kapacitet i 8200 timer om året. Desuden er det beregnet, hvad direkte salg af gassen kan indbringe under de samme driftsforhold. Prisforudsætningerne er opstillet i afsnit 2.

Oprindelige biomasser	kr./år	kr./år	kr./år	kr./år
Salg af el/varme pt.	1.833.773	735.771		2.569.544
Slag af el/varme BB	2.703.640	1.030.079		3.733.719
Salg af gas pt.			1.883.802	1.883.802
Salg af gas BB			2.771.879	2.771.879

Tabel 4. Forventede indtægter ved salg af el/varme eller gas under forudsætningerne opstillet i afsnit 2 og ved produktion af ca. 0,62 mio. Nm³ CH₄/år.

Med supplerende biomasse	kr./år	kr./år	kr./år	kr./år
Salg af el/varme pt.	3.188.910	1.279.498		4.468.408
Slag af el/varme BB	4.701.598	1.791.297		6.492.895
Salg af gas pt.			4.102.364	4.102.364
Salg af gas BB			6.036.336	6.036.336

Tabel 5. Forventede indtægter ved salg af el/varme eller gas under forudsætningerne opstillet i afsnit 2 og ved produktion af ca. 1,17 mio. Nm³ CH₄/år.

Der gøres opmærksom på, at salget under de nuværende betingelser betragtes som minimum indtægten, idet det forventes, at afregningen for biogasanlæggene vil blive forbedret i forbindelse med det kommende energiforlig. Energiforliget forventes i januar 2012, hvorefter det vil være muligt at komme med en mere retvisende beregning.

En beregning af den samlede økonomi vil kræve, at det fastlægges, hvilken af de foreslåede driftsformer der foretrækkes, samt at der foretages en teknisk gennemgang af anlægget og laves overslag over omkostningerne til renovering af de faciliteter, der skal indsættes i den fremtidige drift.

7. Procesovervejelser

Det er vigtigt at have tilstrækkelig med opholdstid i anlægget, da det medfører en bedre udrådning af rå biomassen, men også gør, at anlægget lettere kan "tåle" en relativ høj ammoniak koncentration. Det skal dog understreges, at det er vigtigt at tilstræbe en så lav ammoniak koncentration i biomassen som mulig og helst under ca. 4 kg/tons. De indledende beregninger viser, at der kan forventes et ammoniakindhold på ca. 4,8 kg/tons, hvilket kan medføre en inhi-bering af omsætningen. Da anlægget med den nuværende tilførsel bliver belastet relativt højt med kvælstof, kan det være hensigtsmæssigt at substituere minkgyllen med eks. majs eller anden biomasse med et mindre kvælstofindhold.

1. Valg af supplerende biomasse

Med hensyn til valg af supplerende biomasser mener vi, at der er tale om to scenarier. En hvor man selv kan producere varen i form af energiafgrøder, og en hvor man skal påregne at være på "affaldsmarkedet". Hvis man selv producerer energiafgrøder, kan man bedre regne med udbyttet i forhold til at skulle byde på diverse affald, hvor selve driftsledelsen også vil komme til at spille en væsentlig rolle, idet der sættes større krav til management i denne situation.

Ønskes der fuld udnyttelse af den eksisterende motor svarende til 1,17 mio. $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{år}$, skal produktionen på ca. 0,62 mio. $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{år}$ suppleres med yderligere ca. 0,55 mio. $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{år}$. Det skal overvejes, om minkgylle kan sløjfes og andelen af majs sættes op, hvilket samtidig bevirker, at kvælstof belastningen falder til et acceptabelt niveau.

Det umiddelbare valg af supplerende biomasse kunne være afgrøder i form af majsensilage, roer eller begge dele. Det er muligt at ensilere majs og roer sammen og således udnytte begge muligheder.

Ved anvendelsen af roer skal der tages højde for, at roerne skal rengøres for jord og sand inden de anvendes, da man ellers risikerer, at dette bundfældes i anlægget.

Ved tilførsel af yderligere en stor mængde faste biomasser kan det blive nødvendigt at tilføre anlægget yderligere gylle for at holde tørstofprocenten på et niveau, som kan håndteres i den eksisterende bioreaktor.

Et andet og godt alternativ er havreskalmel, som primært består af stivelse, og derfor ikke bidrager med ret meget kvælstof. Havreskalmel svinger dog prismæssigt sammen med priserne på korn, og det er derfor nødvendigt at have plads til opbevaring, så der kan købes ind på rette tidspunkt. Havreskalmel kan blandes sammen med gylle, og derefter pumpes til reaktoren. Havreskalmel giver ca. 2,5 gange så meget metan som majs og kan doseres i en mængde, som rent mekanisk kan håndteres, hvilket især vedrører omrørings- og pumpe kapacitet. Det er vigtigt at følge tørstofindholdet.

Det vurderes hensigtsmæssigt at supplere biomasserne med:

- Majsensilage
- Roer
- Havreskalmel
- Gylle

Sammensætningen af disse må afhænger af de lokale muligheder og økonomien i anskaffelsen af disse. Det kan vise sig nødvendigt at skulle finde yderligere gylle.

Der kan forventes et gaspotential på ca. 100 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{tons}$ for majsensilage, ca. 60 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{tons}$ for roer samt ca. 250 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{tons}$ for havreskalmel. For almindelig svinegylle ligger udbyttet forventelig på ca. 11 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{tons}$ afhængig af kvaliteten.

Vælges majsensilage alene (som er tilfældet i mange tyske anlæg) skal der yderligere anvendes ca. 5.500 tons/år, og tilsvarende, hvis der udelukkende vælges roer, skal der anvendes yderligere ca. 9.000 tons.

2. Reaktorvolumen

Anlægget vil i alle ovennævnte forslag indeholde en egentlig primær reaktor på 2.700 m³ og en reaktor til efterudrådning på 1.500 m³. Det anbefales at sammensætte indfødningsplanen, så der sikres min 35 dages opholdstid i den primære udrådningstank svarende til max. 77 tons/døgn eller 28.000 tons/år. Den lange opholdstid anbefales pga. de grove biomasser, som forventes omsat i anlægget. Den normale opholdstid for udrådning af gylle er væsentligt lavere (ca. 20 dage), mens den tyske praksis med udrådning af store mængder majsensilage kræver opholdstider på op til 60 dage. Ved at anvende de eksisterende tre små bioreaktorer til hydrolyse kan omsætningen påbegyndes inden primær reaktoren, som derfor kan være mindre.

Såfremt de eksisterende tre små bioreaktorer er i en stand, hvor det er økonomisk forsvarligt at bringe dem i driftstilstand igen, kan det anbefales at anvende disse til hydrolysetanke (svarende til forslag 2 og 4). Kan tankene ikke fortsat anvendes, foretages driften som beskrevet i forslagene 1 og 3.

Det vurderes, at den nødvendige reaktorvolumen er til rådighed til at opnå en gasproduktion, som kan sikre fuldlast drift af den eksisterende motor eller en tilsvarende.

Afsætning af varme

Ved evt. salg af varme til Kerteminde by skal det undersøges, i hvilket omfang byen vil kunne aftage varme hele året rundt, idet det vil være afgørende for, hvor stor en akkumuleringsstank der behøves. Dette er også vigtigt i forhold til, hvorvidt det kan betale sig at øge gasproduktionen.

Det skal ligeledes klarlægges, hvorvidt byens eksisterende varmekværk kan håndtere svingende varmeproduktion fra biogasanlægget.

Røggaskedel

Den eksisterende røggaskedel fra Danstoker bør åbnes og undersøges for tæring mm., da den ikke har været i brug længe. Røggaskedlens effektivitet skal ligeledes undersøges nærmere, idet det skal sikres, at den er konstrueret til at kunne afkøle hele røggasmængden fra ca. 500 til 150°C.

Svovlrensning:

Svovlrensningen foregår i dag ved kontrolleret indblæsning af luft i gasvolumnet over reaktortank, hvorved svovlbrinten kan bringes ned til typisk 200 ppm. Metoden anses for ikke at være effektiv nok i forhold til at imødegå de krav, der stilles til gaskvaliteten fra både for motor leverandører og alternative naturgasselskaberne ved opgradering. Det foreslås, at der etableres svovlrensning som beskrevet i bilag 4.

Fedt/olieprodukter.

Det oplyses, at fedt/olie produkter tilføres reaktortanken direkte gennem en rørføring, som er etableret på en måde, så slamsugerbiler kan pumpe det direkte ind i den aktive biomasse. Man risikerer "overfodring" af bakteriekulturen med hæmning/skumning til følge. Det anbefales derfor at fjerne denne mulighed og kun benytte sig af den fedt/olietank, som blev etableret i 2006. Herved kan fedt/olieproduktet tilføres reaktoren i passende mængder.

Valg af udstyr til indfødnig af biomasse

Der er opstillet forskellige forslag til indfødnig af den faste biomasse i bilag 2. Det er i forslagene forudsat, at det vælges at installere en Cormall blander, der er i stand til at håndtere en lang række af forskellige faste biomasser.

8. Konklusion

Der er opstillet forslag til fortsat drift af anlægget, hvor der gøres brug af en række af de nuværende installationer, men ikke dem alle.

De biomasser, som forventes at være til rådighed, kan give anledning til en gasproduktion på ca. 617.000 Nm³ CH₄ /år.

For at opnå fuld last af motoren i 8.200 timer pr. år skal tilførslen af biomasse til anlægget øges betragtelig og gasproduktionen skal op på 1,17 Nm³ CH₄ /år.

De eksisterende biogasreaktorer er tilstrækkelige i størrelse til at sikre en gasproduktion, som kan drive den eksisterende motor i fuld last.

Det vil procesmæssigt være hensigtsmæssigt at genanvende de tre små bioreaktorer til hydrolysetanke.

Der skal installeres nye modtagefaciliteter til fastbiomasse, som skal indføres for at give den nødvendige gasproduktion.

Der skal installeres en forbedret gasrensning.

Den forventede gasproduktion kan give anledning til en indtjening på el og varme eller salg af gas på 2,5-6,5 mio. kr. afhængig af forudsætningerne og valg af driftsform.

Den overordnede økonomi er helt afhængig af det kommende energiforlig og den fremtidige afregningspris for gas, som bliver gældende for biogasanlæg (forliget forventes på plads i januar 2012).

En beregning af den samlede økonomi for anlægget vil desuden kræve en teknisk gennemgang af anlægget og overslag over omkostningerne ved idriftsætning af installationerne, som ønskes inddraget i driften.

9. Bilag

Bilag 1

Data for den eksisterende Jenbacher motor.

TECHNICAL DATA

0.01 TECHNICAL DATA OF MODULE

Fuel gas LHV		<i>kWh/Nm³</i>		4,5		
Data at:				Full load	Part. load	
				100%	75%	50%
Energy input		<i>kW</i>	[2]	1433	1108	783
Gas volume		<i>Nm³/h</i>	*)	318	246	174
Mechanical output		<i>kW</i>	[1]	570	428	285
Electrical output		<i>kW el.</i>	[4]	551	412	273
Recoverable thermal output:						
~ Intercooler 1st stage		<i>kW</i>		99	45	5
~ Lube oil		<i>kW</i>		65	57	49
~ Jacket water		<i>kW</i>		150	156	139
~ Exhaust gas cooled to 150 °C		<i>kW</i>	**)	374	285	200
Total recoverable thermal output		<i>kW</i>	[5]	688	543	393
Total output generated		<i>kW total</i>		1239	956	666
Heat to be dissipated:						
~ Intercooler 2nd stage		<i>kW</i>		~	~	~
~ Radiation Heat	approx	<i>kW</i>	[7]	46	42	41
~ Balance heat		<i>kW</i>		29	22	16
Specific fuel consumption of engine		<i>kWh/kWh</i>	[2]	2,51	2,59	2,75
Lube oil consumption	approx	<i>kg/h</i>	[3]	0,19	~	~
Electrical efficiency		%		38,5	37,2	34,9
Thermal efficiency		%		48	49	50,1
Total efficiency		%	[6]	86,5	86,2	85
Warm water circuit:						
Forward temperature		°C		95		
Return temperature		°C		70	70	70
Warm water flow rate (+/-8%)		<i>m³/h</i>		23,7	23,7	23,7

*) approximate value for pipework dimensioning

**) For BIOGAS: Cooling to max 150°C strongly recommended!

[_] Explanations: see 0.10 - Technical parameters

Bilag 2

Indfødnings af fast biomasse

Håndtering af majs og andre faste medier.

Der findes forskellige måder at håndtere faste biomasser som majs og græsensilage mm., og valg af metode afhænger af, hvorledes anlægget fremover kommer til at se ud, og hvilke biomasser man vil køre med.

Anlægget er forsynet med et Xergi opvarmningsmodul, som relativt nemt kunne udbygges med håndtering af ensilage mm. som vist nedenfor.



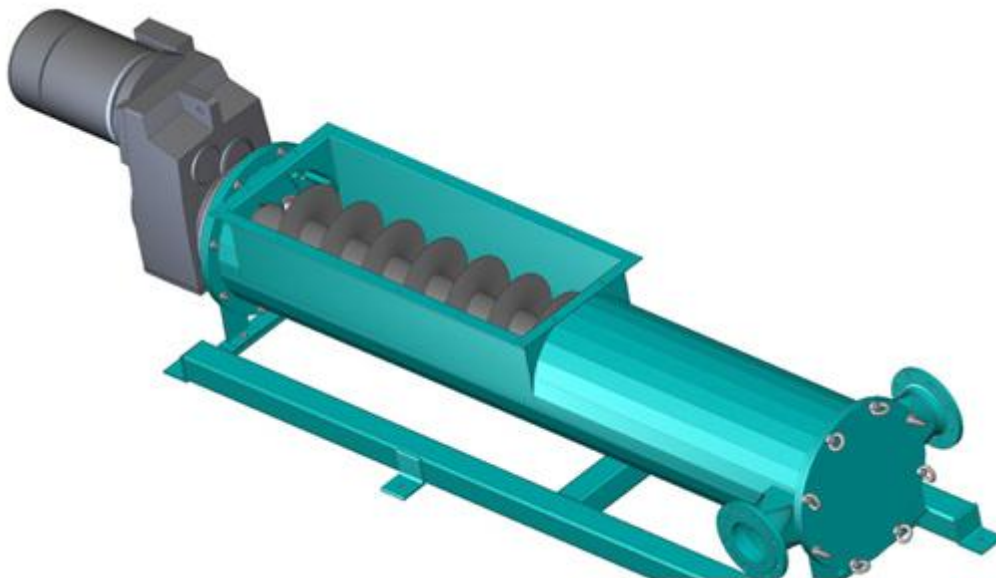
Cormall blanderen fyldes med majs, græs, halm og roer (hakkede) mm., hvorefter materialet blandes og snegles op i opvarmningstanken.

Opvarmningstanken fyldes ca. halvt med gylle og/eller hygiejniseringskrævende affald som fiskeensilage mm., hvorefter materiale fra Cormall blanderen iblandes. Opvarmningsmodulet står på vejeceller, så der let kan holdes styr på mængden af indfødt materiale. Systemet her anvendes i dag med succes på bl.a. Grøngas og anlægget i Foulum.

En anden mulighed er direkte indfødnings i reaktortanken eller hydrolysetankene med et system fra tyske UTS. Systemet er i princippet en container på vejeceller, hvor selve bunden er et transportbånd. Containeren fyldes med gummiged el lign., og det er ikke nødvendigt at blande materialet først. Materialet passerer 3 oprivere, inden det dumpes ned på et tværgående transportbånd for til sidst at blive tilført direkte til enten reaktortanken eller hydrolysetankene.



Desuden findes der en Powerfeed fra tyske Börger, hvor ensilagen presses direkte ud i en pumpestrøm fra enten reaktor eller hydrolysetanke.



Fordelen ved denne løsning er, at den ville kunne sættes ind i pumpestrengen efter opvarmningsmodulet.

Powerfeed stiller krav til homogenitet og er derfor bedst egnet til eks. majs og græs.

Det forudsættes i forslagene, at der installeres en Cormall blander.

Bilag 3

Scenarier for motordrift

Der er i de efterfølgende beregninger taget udgangspunkt i:

4. Renovering og genanvendelse af den eksisterende Jenbacher gasmotor.
5. Installeringen af en ny og mere effektiv Jenbacher 312 med samme el effekt.
6. Installeringen af en ny og mindre Jenbacher gasmotor.

Scenarier for motordrift

Metan potentiale på 613.000 m3/år - 8200 drifttimer=fuldlast			
	Eksisterende J 312	Ny J 312	Ny J 208
El effekt kwh	551	526	330
Varme	688	683	463
Metan forbrug/fuldlasttime	143	130	85
Driftstimer/år	4278	4708	7203
Produceret el/år - Mwh	2357	2476	2377
Produceret varme/år MWh	2943	3216	3335
Internt Varmeforbrug/år	735	735	735
Produceret salgsvarme/år	2208	2481	2600
Salg af el	kr. 1.833.773	kr. 1.926.703	kr. 1.849.373
Salg af varme	kr. 735.771	kr. 803.915	kr. 833.781
I alt salg	kr. 2.569.544	kr. 2.730.618	kr. 2.683.154

Tabel 6. Den mulige produktion af el og varme ved tre forskellige motorvalg samt den mulige indtægt ved salg af el og varme under forudsætningerne foretaget under pkt. 2.

Med udgangspunkt i en metanproduktion ud fra nuværende biomassepotentiale på 613.000 m3 vil den nuværende motor uden ombygning kunne yde på fuld kraft i 4278 timer om året svarende til 52 % ud fra en betragtning om, at motoren ville kunne yde 8200 fuldlasttimer om året ud over nedetid pga. service, olieskift mm. Det svarer til 2,36 millioner kwh i el og ca. 2,4 mill kwh i varme, der kan udnyttes til salg.

Skiftes motoren ud med en nyere udgave af samme, kan der forventes en forbedring af virkningsgraden, hvilket betyder en øget elproduktion på ca. 119.000 kwh/år, en øget varmeproduktion på 273.000 kwh varme og en merindtjening i alt på ca. 161.074 kr./år.

Skiftes motoren ud med en ny Jenbacher 208, som er en mindre model, der bedre modsvarer gasproduktionen, opnås en merindtjening på 113.610 kr./år. Motoren har betydelig flere driftstimer, hvilket kan betyde en mere stabil drift – færre starter lig med færre ”småfejl”, der kræver indgriben, men det betyder også, at motoren hurtigere når den store omkostningstunge service, der falder for hver 10.000 timers drift. Længere tids drift/døgn gør endvidere, at der er mindre behov for akkumuleringskapacitet(varmtank).

Metan potentiale på 1.066.000 m3/år - 8200 drifttimer=fuldlast			
	Eksisterende J 312		Ny J 312
El effekt kwh	551	526	
Varme	688	683	
Metan forbrug/fuldlasttime	143	130	
Driftstimer/år	7439	8187	
Produceret el/år - Mwh	4099	4307	
Produceret varme/år MWh	5118	5592	
Internt Varmeforbrug/år	735	735	
Produceret salgsvarme/år	4383	4857	
Salg af el	kr. 3.188.910	kr. 3.350.515	
Salg af varme	kr. 1.279.498	kr. 1.397.999	
I alt salg	kr. 4.468.407	kr. 4.748.514	

Tilføres biogasanlægget ekstra biomasse, så metan produktionen kommer op på 1.066.000, har vi en situation, hvor en ny Jenbacher 312 vil kunne køre ved fuld last hele året under hensyntagen til nedetid pga. service mm. og med en merindtjening i forhold til eksisterende motor på 280.107 kr./ år.

Den mindre Jenbacher 208 er ikke længere i spil, da den ikke er stor nok til at kunne udnytte den fulde metanproduktion.

Bilag 4

Supplerende rensning for svovl.

Svovlrensning:

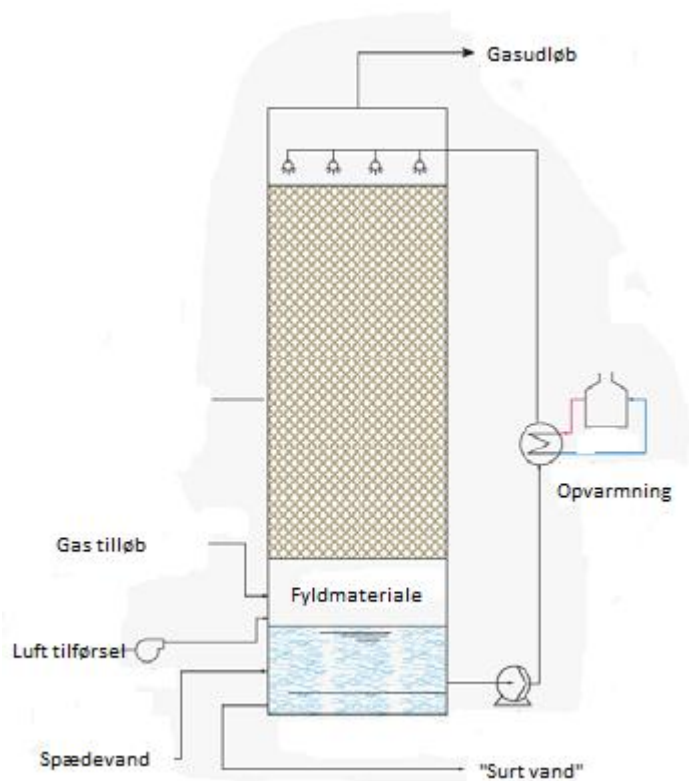
Svovlrensningen foregår i dag ved kontrolleret indblæsning af luft i gasvoluminet over reaktortank, hvorved svovlbrinten kan bringes ned til typisk 200 ppm. Metoden anses for ikke at være effektiv nok i forhold til at imødegå de krav, der opstilles til gaskvaliteten fra både motorleverage og alternativt naturgasselskaberne ved opgradering.

Da den eksisterende motor står for en hovedrenovering, hvor store dele af motoren skiftes ud, vil den i princippet fremstå som ny med de heraf følgende garantier, der er hæftet op på et dokumenteret indhold af svovl i gassen. Ved en metanprocent på 60 kræver Jenbacher, at svovlbrintekonzentrationen holdes under 76 ppm, for at motoren ville kunne følge en "naturgasserviceplan", hvilket er betydeligt billigere end en "biogasserviceplan". Dette er gældende, uanset om det vælges at renovere den eksisterende eller skifte til ny.

Skal biogassen opgraderes til naturgasnettet stilles der krav til yderligere svovlrensning – muligvis med aktiv kulfiltrering.

For at imødegå disse krav anbefales det at etablere et biologisk svovlrensesystem, hvor rensningen af svovl nemmere kan styres og overvåges.

Det anbefales, at der anskaffes en biologisk svovlrenser (scrubber), som vist nedenfor. De biologiske svovlrensere er i dag meget udbredte og veldokumenterede og giver derfor stor sikkerhed for performance. De leveres som færdige enheder, der nemt kan implementeres i et eksisterende anlæg.



En biologisk svovlrensning fungerer ved, at gassen ledes ind i bunden og ud af toppen af en beholder modstrøms en overrisling af gaskondensat. Beholderen er fyldt med eks. plastikelementer, der fungerer som bærermiddel for bakterier. Bakterierne omsætter svovlbrinten til sulfat/svovl, der opløses i vandet/kondensatet.