

Rapport SGC 100

**OPTIMERAD SAMRÖTNING AV
RESTPRODUKTER FRÅN STAD OCH LAND**
Slutrapport från projekt SoL-gas, etapp 2

Marita Linné
Lars Andersson
Anders Dahl

BioMil AB

April 1999

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

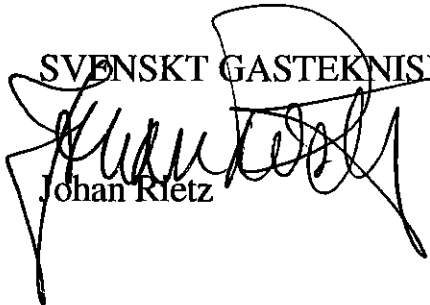
En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydgas AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energi AB och Helsingborg Energi AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Kommunal Teknik Trelleborg
Sydgas AB
SYSAV AB
LRF
Ystad Energi AB
Simrishamn Energi AB
Stiftelsen Lantbruksteknisk forskning
Lunds Energi AB
Vattenfall Naturgas AB
Göteborg Energi AB

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

Sammanfattning

Föreliggande rapport är slutrapport för projekt SoL-gas, etapp 2. Slutrapporten omfattar

- försök i pilotskala
- försök i labbskala
- utredning av miljökonsekvenser
- förslag till teknisk lösning i fullskala
- lönsamhetsbedömning.

Målsättningen med projekt SoL-gas är att visa på en lönsam metod att utvinna biogas ur halm via anaerob nedbrytning. Halmen skall utgöra huvudbeståndsdel och förutom att vara råvara för biogasproduktion verka som anaerobt filter och som kolkälla. Projektet strävar efter att uppnå lönsamhet genom att kombinera halmen med restprodukter som det idag är besvärligt att omhändertaga. Dock skall de restprodukter som tillförs inte innehålla ämnen som förhindrar halmens kretslopp tillbaka till odlingsmark.

Röttningsförfarandet sker satsvis dvs råvarorna tillförs röt-kammaren under augusti/september och efter avslutad rötning återförs restprodukten som biogödsel till åkermarken. Pilotanläggningen på 600 m³ i röt-kammarvolym har producerat biogas under två driftssäsonger. Råvarorna för biogasproduktionen har varit halm, svingödsel, hästgödsel, tång och fettavskiljarslam. Vätskespridningen, genomrinningen i halmen samt gastätheten med den PE-duk som installerades inför driftssäsong 2 har uppfyllt de ställda kraven. Däremot har inte temperaturen i röt-kammaren kunnat hållas på en tillräcklig och jämn nivå, vilket har resulterat i en lägre gasproduktion än förväntat. Problem med vätskeläckage, vilket medförde att ingen vätska kunde cirkuleras under 25 % av rötningstiden, har också påverkat gasproduktionen negativt. Totalt uppnåddes 44 % av planerad gasproduktion (10 000 m³ CH₄) under säsong 2.

Odlingsförsöken med fast respektive flytande rötrest från driftssäsong 2 har gett goda skörderesultat. Med flytande fas som sprids dels vid sådd och dels en gång i växande gröda, blev skördeutbytet något högre än med mineralgödsel med samma kvävegiva. Den fasta fasen tillfördes med som mest halva kvävegivan jämfört med normal mineralgödselgiva men gav då ett högre skördeutbyte än för flytande fas med halv kvävegiva.

I laborieförsöken har en gasproduktion på 282 l CH₄/kg ts uppnåtts. I de inledande röttningsförsöken som genomfördes när projektet startade 1993 uppnåddes en gasproduktion på 195 l CH₄/kg ts. Ökningen i gasproduktionen beror på en optimering av blandningen av aktuella råvaror (halm, svingödsel, hästgödsel, tång och fettavskiljarslam) samt en anpassning av bakteriekulturen till den lägre rötningstemperaturen och till substratblandningen.

Analysen av miljökonsekvenserna med en SoL-gasanläggning visar att knappt 6 % av råvarornas energiinnehåll för biogasproduktion åtgår för transport och hantering i SoL-gassystemet samt att emissionerna av växthusgaser minskar med 95 %. Emissionerna av försurande ämnen ökar med 5 % för NO_x pga transportererna samt minskar med 45 % för SO₂. Kolväteemissionerna fördubblas pga transportererna av råvaror och biogödsel. Är alternativet till att använda halmen i en SoL-gasanläggning att elda halmen på fält kommer troligen en SoL-gasanläggning att totalt ge en minskning av kolväteemissioner.

Lönsamhetskalkylerna för en SoL-gasanläggning i fullskala (3,0 GWh) visar att de parametrar som har störst betydelse för det ekonomiska utfallet är investeringskostnad, mottagningsavgifter, gaspris och halmpris. Vid den beräknade investeringskostnaden på 7.9 miljoner kronor blir återbetalningstiden 10 år vid ett gaspris på 33 öre/kWh, en behandlingsavgift på 350 kr/ton samt ett halmpris på 30 öre/kg.

1. INLEDNING.....	2
2. BAKGRUND	3
3. SYFTE	4
4. PROJEKTUPPLÄGGNING	5
5. FÖRSÖK I PILOTANLÄGGNING.....	6
5.1 BESKRIVNING AV PILOTANLÄGGNINGEN	6
5.2 RESULTAT FRÅN FÖRSTA DRIFTSÅSONGEN	7
5.3 RESULTAT FRÅN ANDRA DRIFTSÅSONGEN	8
5.3.1 Råvaror.....	8
5.3.2 Temperatur	8
5.3.3 Vätskefördelning	9
5.3.4 Gasproduktion	9
5.3.5 Odlingsförsök och användning av biogödsel	10
5.3.6 Antal arbetstillfällen	13
5.4 SLUTSATSER OCH FÖRSLAG TILL FORTSÄTTNING I PILOTANLÄGGNINGEN	13
6. FÖRSÖK I LABSKALA	14
6.1 BESKRIVNING AV LABFÖRSÖKEN.....	14
6.2 RESULTAT FRÅN LABFÖRSÖKEN	16
7. UTREDNING AV MILJÖKONSEKVENSER.....	20
7.1 . SYSTEMBESKRIVNING	20
7.1.1 Nuvarande system	20
7.1.2 SoL-gassystemet.....	21
7.2 GENOMGÅNG AV OLIKA MILJÖEFFEKTER	21
7.2.1 Energiförbrukning.....	21
7.2.2 Hälsoeffekter, toxiska effekter	23
7.2.3 Växthuseffekten.....	24
7.2.4 Försurning	25
7.2.5 Eutrofiering	25
7.2.6 Marknära ozon.....	25
7.2.7 Okvantifierade miljöeffekter.....	25
7.3 SAMMANSTÄLLNING AV MILJÖEFFEKTERNA FRÅN DE STUDERADE SYSTEMEN	25
7.4 JÄMFÖRELSE AV MILJÖKONSEKVENSERNA VID FÖRBRÄNNING AV HALM.....	27
8. TEKNISK LÖSNING I FULLSKALA	28
8.1 BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGEN	28
8.2 RÅVARUMÄNGDER OCH GASPRODUKTION.....	28
9. KOSTNADSKALKYL	29
9.1 INVESTERINGSKOSTNAD.....	29
9.2 RÅVARUKOSTNADER.....	30
9.3 DRIFT- OCH UNDERHÅLLSKOSTNADER	31
9.4 INTÄKTER FRÅN BIOGASEN	32
9.5 INTÄKTER FRÅN BIOGÖDSELN	32
9.6 DISKUSSION LÖNSAMHETSKALKYLER.....	32
10. SLUTSATSER	36

Författare:	Telefon:	Telefax:	e-post:	Dokumentnamn:
Marita Linné	046-148070	046-144015	marita@biomil.se	SLTRAP98
Beställare/Mottagare:	Granskad av:	Revisionsdatum:	Dnr:	
Kommunal Teknik Trelleborg	Anders Dahl		ML9810-02	
Projektnamn/Ärende:	Godkänd av:	Versions-/Ändringsbeteckning:	Status:	
SoLgas-etapp2, slutrapport	ML		Preliminär	

Optimerad samrötning av restprodukter från stad och land

Slutrapport för Projekt SoL-gas, etapp 2

1. Inledning

Föreliggande rapport är slutrapport för projekt SoL-gas, etapp 2. Slutrapporten omfattar

- försök i pilotskala
- försök i labbskala
- utredning av miljökonsekvenser
- förslag till teknisk lösning i fullskala
- lönsamhetsbedömning.

Projektet drivs av en beställargruppen består av Kommunal Teknik Trelleborg, Sysav Utveckling AB och Sydgas AB samt LRF i Skåne. Kommunal Teknik i Trelleborg är projektledare. Projektets finansiärer har varit Kommunal Teknik Trelleborg, Sysav Utveckling AB, Sydgas AB, Stiftelsen Lantbruksforskning, Länsstyrelserna i Skåne, LRF i Skåne, Simrishamns Energi, Ystad Energi, Kretsloppsmiljarden och Svenskt Gastekniskt Center. EnerChem AB var totalentreprenör för pilotanläggningen. BioMil AB svarar för teknik, byggledning och rättningsförfarande samt utvärdering och rapportskrivning.

2. Bakgrund

Trelleborgs kommun eftersträvar lägsta möjliga energikostnader med acceptabel miljöpåverkan. Ett sätt kan vara att öka användningen av lokala energiråvaror. Halm är den största förnyelsebara energiråvaran inom det aktuella området. Den mängd halm, som kan vara tillgänglig för energiändamål i Trelleborgs kommun, uppskattas till 49 000 ton/år vid normal-skörd (1). Hänsyn har då tagits dels till att en viss del av odlingsarealen ligger i träda samt att det odlas alltmer kortstråiga sorter. Med ett värmevärde på 4.1 MW_h/ton (15 % i fukthalt) motsvarar detta en energipotential på 200 GWh. En tidigare genomförd utredning i Trelleborg, visade att det är svårt att få ekonomi i en anläggning som producerar el och värme ur halm via termisk förgasning eller förbränning vid de relativt små anläggningsstorlekar som är aktuella.

Förutom att användas vid förgasning och förbränning kan halm även användas som råmaterial vid anaerob nedbrytning för produktion av biogas. Halm med sin långsamma nedbrytning i anaerob miljö kan rötas i en sk biocell dvs typ rötning av hushållsavfall på deponi. Eftersom halm oftast har hög torrhalt krävs tillsats av stora mängder vätska för att uppnå lämpliga jäsningsbetingelser. Här kan ett organiskt belastat vatten som kräver ett biologiskt reningssteg omhändertagas. En del av halmen kan ersättas med hästgödsel som vanligen består av en stor del halm. Andra restprodukter exempelvis tång kan också blandas in. För att få optimala betingelser för de metanproducerande bakterierna bör svinggödsel tillsättas som näringssubstrat.

Fördelar med att använda halm för biogasproduktion jämfört med förbränning/förgasning är bl a att även blöt halm kan användas, högvärdig energibärare (gas) produceras, andra organiska restprodukter kan omhändertagas och rötresten kan användas som jordförbättringsmedel med bibehållet växtnäringsvärde inklusive kväveinnehåll. Nackdelen är att inte hela energiinnehållet kan utvinnas av de biogasproducerande bakterierna. Laboratorieförsök visar att drygt 50 % av halmens energiinnehåll kan utvinnas som biogas vid en rötningstemperatur på 28 °C (2). Med en halmskörd på 2.5 ton/ha ger detta en energimängd per ha på 5-6 MWh/ha. Lignininnehållet på ca 20 % påverkas inte under nedbrytningen. Dock medför detta, att det för humusuppbyggnaden i marken mycket viktiga ligninet, återförs till åkermarken.

Används halmen för biogasproduktion fås ett naturligt kretslopp där rötresterna återförs till åkern. Om andra organiska restprodukter skall blandas med halmen får dessa inte innehålla några ämnen som förhindrar att rötresten används på åkermark.

3. Syfte

Målsättningen med projekt SoL-gas är att visa på en lönsam metod att utvinna biogas ur halm via anaerob nedbrytning. Halmen skall utgöra huvudbeståndsdel och förutom att vara råvara för biogasproduktion verka som anaerobt filter och som kolkälla. Projektet strävar efter att uppnå lönsamhet genom att kombinera halmen med restprodukter som det idag är besvärligt att omhändertaga. Dock skall de restprodukter som tillförs inte innehålla ämnen som förhindrar halmens kretslopp tillbaka till odlingsmark.

4. Projektuppläggning

Förstudie

Förstudien - med start 93, visade på att genom att kombinera restprodukter från staden (dvs restprodukter som en biogasanläggning kan få intäkt för att ta emot) med restprodukter från lantbruket, kan kostnaden för gasproduktionen bli tillräcklig låg.

Etapp 1

Kallförsök - alla försök hittills i landet som har använt sk limpteknik har haft stora problem med vätskespridningen i materialet och därmed har låg biogasproduktion uppnåtts. Halm som har en helt annan stråstruktur kan vara möjlig att använda i en satsvis metod. Försök under hösten 1994, visade att det går att få halmbalarna (sk Hesstonbalar) genomfuktade.

Etapp 2

Försök i pilotanläggning under två år - efter de lyckade genomrinningsförsöken på Borgeby har projektet fortsatt i en försöksanläggning. Målsättningen med försöksanläggningen är att demonstrera en komplett anläggning för biogasutvinning ur halm/energigräs och restprodukter från stad och land. Biogasproduktion, rötningstid, energibalans och rötrestens näringsinnehåll samt tekniska lösningar skall verifieras. Röttningsförfarandet sker satsvis dvs råvarorna tillförs röt-kammaren under augusti/september och efter avslutad rötning töms röt-kammaren under april. Detta medför att gasproduktionen sker under vintern när energibehovet är som störst samt att tillförsel av råvaror samt återföring av restprodukter är anpassad till lantbrukets produktion och behov av näring.

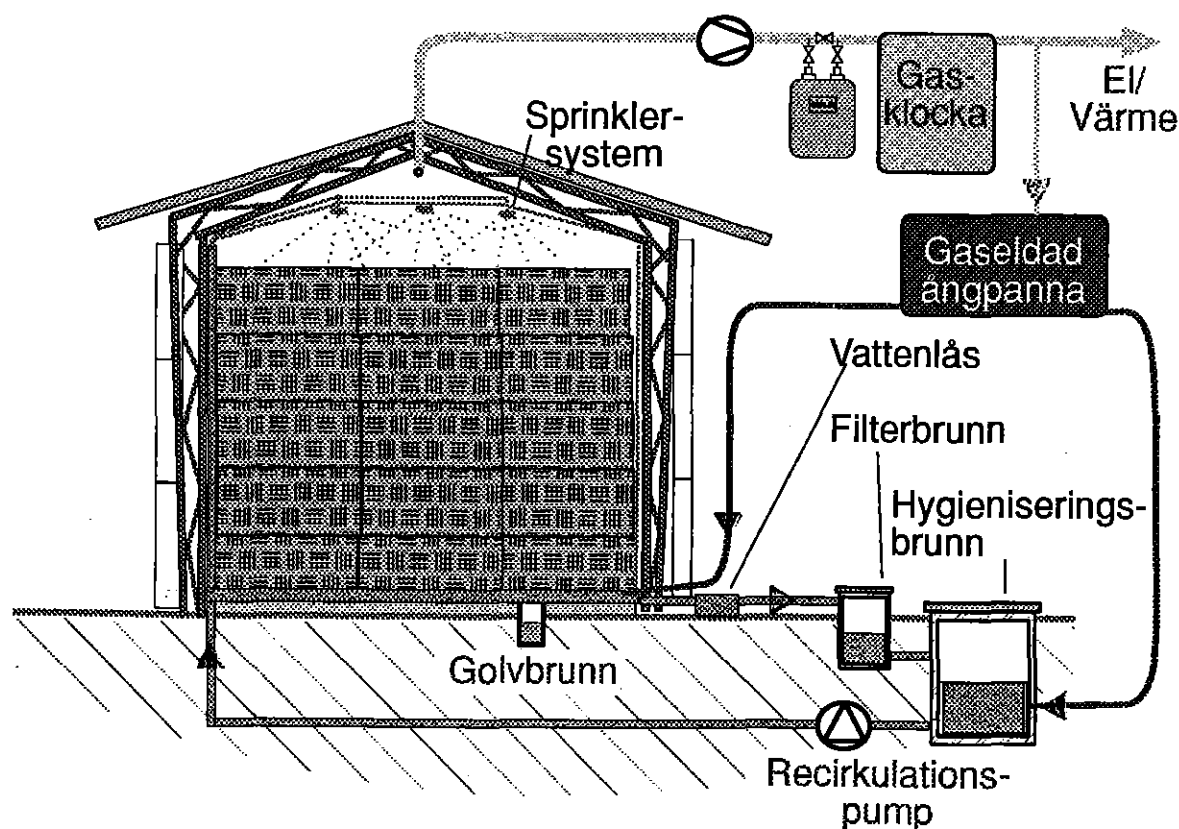
Försök i labbskala - Parallellt med försöken i pilotanläggningen har försök genomförts i labbskala. Syftet med dessa försök har varit att bestämma olika råvarublandningars biogasproduktion för att därmed kunna optimera blandningsförhållandena i SoL-gasanläggningar.

Utvärderingar - SoL-gasprojektet etapp 2 har avslutats med en utvärdering där resultaten från pilotanläggning och labbförsök har använts som underlag för en utredning av miljökonsekvenser, ett förslag till teknisk lösning i fullskala samt en lönsamhetsbedömning.

5. Försök i pilotanläggning

5.1. Beskrivning av pilotanläggningen

Rötkammaren består av en gjuten behållare, med en gastät överbyggnad, se figur 1. Rötkammarvolymen är ca 600 m³ (8m x 12m i bottenyta, 6m hög). Anläggningen är försedd med en inmatningsbrunn för mottagning och hygienisering av flytande avfall. Uppvärmning och hygienisering sker mha ånga. Rötkammaren tillförs värme direkt via ett rörsystem för ånga. Ångan produceras i en biogaseldad ångpanna. Rötningen skall genomföras vid en temperatur på 26-28 °C (det sk psykrotrofa området). Lakvätska rinner till inmatningsbrunnen och pumpas därifrån till ett sprinklersystem som finns i toppen av rötkammaren. Producerad biogas tas ut i toppen på rötkammaren och trycks till reningsverkets gasklocka via gasfläkt och gasmätare. Den biogas som behövs för uppvärmning och hygienisering tas från gasklockan.



Figur 1. Schematisk bild över försöksanläggningen

5.2 Resultat från första driftsäsongen

Försök i pilotanläggningen har genomförts under två år, med start i september 1996. Eftersom rötningsförfarandet är satsvis med en planerad rötningstid från september till april, öppnades och tömdes rötkammaren efter första driftsäsongen, under sommaren 1997. Resultaten från den första driftsäsong finns i bilaga 1. Följande slutsatser drogs efter den första driftsäsongen:

- Den otillräckliga hållbarheten på den gastäta duken hade en avgörande betydelse för att gasproduktionen i rötkammaren endast blev 15 % av den beräknade. Betingelserna för de anaeroba bakterierna var hela tiden ogynnsamma pga luftläckage.
- Randeffekterna i pilotanläggningen var stora beroende på dålig spridning av recirkulerad vätska i ytterområdena och otillräcklig isolering.
- I mittsektionen av halmstukan noterades ingen kanalbildning utan hela halmmassan rötades vilket innebar en minskning av höjden från 6 m till 1.5 m.
- I den flytande rötresten var totalkvävehalten 1.9 kg/ton varav 39 % förelåg som ammoniumkväve. Tungmetallhalterna i rötresten låg på alla värden med god marginal under gällande gränsvärden för spridning på åkermark.

Inför driftsäsong 2 föreslogs följande förbättringar vilka samtliga genomfördes:

- Befintlig PVC-duk byts till PE-duk. Erfarenhet från andra biogasprojekt där PE-duk används visar på större tålighet mot yttre och inre påverkan. Vid kompletterande arbeten eller vid eventuella reparationer av PE-duken, blir kostnaderna mindre för arbete och material. Dessutom behöver processen ej avbrytas.
- Befintligt sprinklersystem placeras ovanpå den nya PE-duken. Detta ger flera fördelar, antalet sprinklers är ej maximerat utan kan modifieras under driften och en eventuell rensning kan göras utan att avbryta driften.
- Ångsystemet återställs men fästs i betong antingen i vägg eller i golv.
- Temperaturgivarna förses med skyddshylsa för att undvika att de skadas vid sättningar i halmen.
- Nedre delen av byggnaden isoleras med samma material som övriga byggnaden i stället för som tidigare med halm.
- Vaggsektionen som öppnas vid inspektioner, delas mitt itu så att två dörrar erhålles vilket avsevärt förenklar inspektionerna.
- Ett schema framtages för laddning av rötkammaren, där riskerna för sättningar av halmen ut mot väggarna minimeras.
- PE-duken förses med fönster för att möjliggöra inspektion under drift.

5.3. Resultat från andra driftsäsongen

5.3.1. Råvaror

Vid laddningen av röt-kammaren tillfördes de fasta materialen, halm, hästgödsel och tång. Huvuddelen av halmen (85 %) bestod av Hesstonbalar (2.4 m x 1.2 x 1.2 m), i fyra lager dvs till en höjd av 4.8 m. Resterande halm var sk småbalar på ca 15 kg. I mitten på röt-kammaren ersattes en del av Hesstonbalarna med hästgödsel och tång. Flytande råvaror tillfördes röt-kammaren under driftsäsongen. Dessutom fylldes röt-kammaren på med fasta råvaror efter 130 dagars rötningstid, i samband med att röt-kammaren öppnades för att plocka ut fast rötrest till odlingsförsök. I tabell 1 redovisas en sammanställning av totalt tillförda råvarumängder. Som ymp tillfördes dels flytande och dels fast rötrest från första driftsäsongen och dessutom röt slam från avloppsreningsverket.

Tabell 1. Råvarumängder som tillförts röt-kammaren.

Råvara	Mängd (ton)	TS-halt (%)	Mängd TS (ton)
Halm	26	85	22.1
Hästgödsel	34	31-33	10.7
Tång	29	14-19	4.7
Svinflytgödsel	121	4-11	8.6
Rötrest	74	2-15	5.8
Fettavskiljarslam	89	2.7-3.8	2.4
Orötat slam	50	0.8-1.2	0.5
Summa	423		54.6

I bilaga 1 redovisas ingående råvarors innehåll av växt-näringsämnen och tungmetaller. Inget av de tillförda materialen visar på tungmetallhalter som överstiger de värden som gäller för att avloppsslam skall få användas för jordbruksändamål (SFS 1993:1271).

5.3.2. Temperatur

Under stora delar av rötningssäsongen har temperaturen varit för låg i röt-kammaren. Eftersom bakterierna är starkt temperaturberoende har detta avsevärt försämrat gasproduktionen.

Orsakerna till de låga temperaturerna är flera

- Ingen isolering i asfaltplattan som är röt-kammarens botten.
- Dålig funktion på ångventilerna både till röt-kammare och inmatningsbrunn.
- Vätske-cirkulationspumpen har krävt reparation flera gånger under driftsäsongen. Utan vätske-cirkulation i röt-kammaren, blir temperaturfördelningen ojämn.

Dessa problem har medfört att fram till dag 130 var temperaturen över 25 °C, enbart ca 20 % av tiden och under 20 °C ca 55 % av tiden, därefter stabiliserades temperaturförhållandena i röt-kammaren på kring 25 °C.

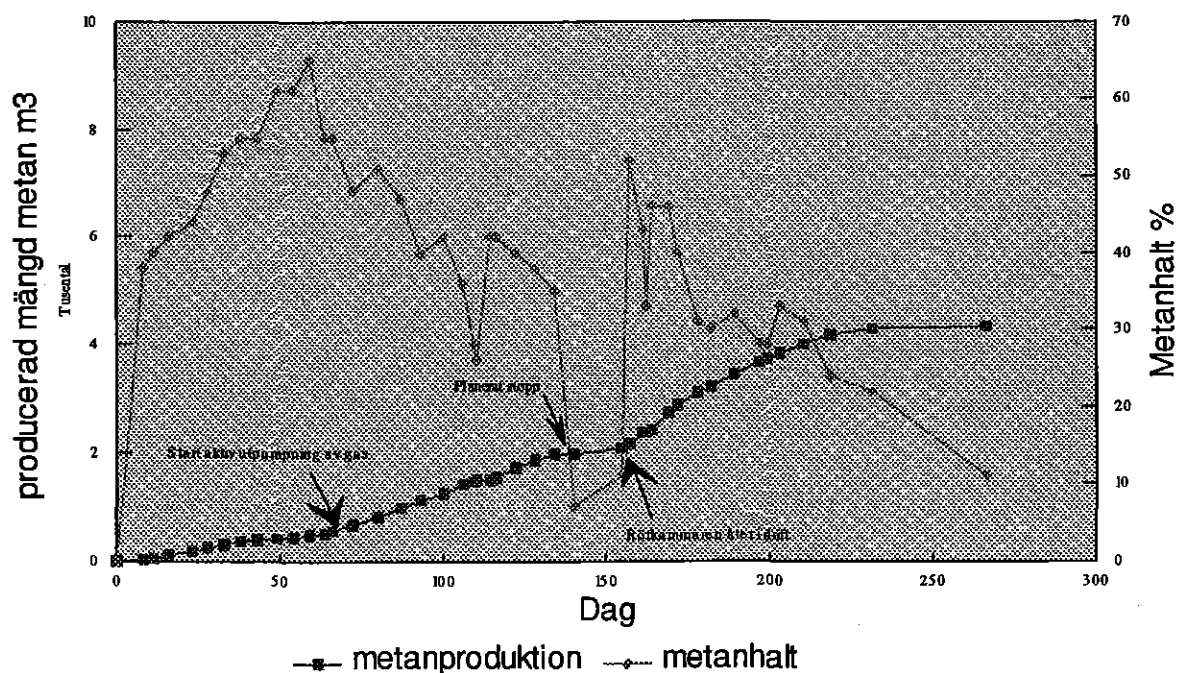
5.3.3. Vätskefördelning

Vätskan har fördelats ut över röt-kammaren i tolv punkter, 3 längsgående rör med vardera 4 utlopp. Vätskestrålen riktas mot en uppochnedvänd skål och sprids därmed ut. Inga problem med igensättningar. Fördelningen över vätskeytan har varit god och inga kanalbildningar noterades vid tömningen. De sista 50 dagarna av rötningsperioden fanns det ingen fri vätskefas i röt-kammaren pga läckage och därmed heller ingen vätske-cirkulation.

5.3.4 Gasproduktion

I figur 2 redovisas metanproduktionen och biogasens metanhalt under driftsäsongen. Högsta metanhalt som uppmätts var 65 %. Pga de små tryckskillnader som uppkommer i röt-kammaren har det varit svårt att styra gasfläkten på trycket i röt-kammaren. Därför har gas i stället pumpats ut en viss tid per dag. Detta har gjort att gaskvaliteten har varierat pga gasutsuget ibland har varit för stort i förhållande till produktionen och då har luft sugits in i röt-kammaren.

Pga vätskeläcket var inte röt-kammaren gastät de sista 50 dagarna, vilket resulterade i att luft sögs in i röt-kammaren och metanhalten sjönk till under 10 % innan röt-kammaren öppnades för tömning.



Figur 2. Metanproduktion och metanhalt under driftsäsong 2.

Total gasproduktion under driftsäsong 97/98 blev 4400 m³ metan, vilket är 44 % av planerad gasproduktion. Flera orsaker finns som har påverkat gasproduktionen negativt

- Låg temperaturen, enbart ca 30 % av rötningstiden har temperaturen varit över 25 °C
- Varierande temperatur vilket är ogynnsamt för bakteriekulturen.
- Låg torrhalt, pga läckage fanns det ingen fri vätska de sista 50 dygnen.

5.3.5 Odlingsförsök och användning av biogödsel

Vid lämplig tid för vårbruket, öppnades rötammaren och rötat material (tabell 2) togs ut till odlingsförsök. Fältkortet och försöksrapport finns i bilaga 2. Försöket lades ut före sådd i ett fält med vårkorn, där de olika försöksrutorna gödslades med antingen fast fas eller flytande fas. Försöksrutor med normal giva mineralgödsel respektive helt ogödslade rutor ingick också i försöksmatrisen. Den fasta fasen spreds ut i en mängd som motsvarade 1/4 respektive 1/2 mängd kväve jämfört med normal kvävegiva på 80 kg N/ha. Den flytande fasen spreds ut med en giva motsvarande 1/2 mängd kvävegiva med mineralgödsel och dels med en giva motsvarande 1/2 mängd kväve före sådd + 1/2 mängd kväve när säden var ca 10 cm. Spridningen skedde med släpplangar. Kvävegivan är beräknad på biogödselns innehåll av ammoniumkväve.

Tabell 2. Analyser på biogödsel till odlingsförsöken.

Analys		Fast fraktion	Flytande fraktion 1:a spridningen	Flytande fraktion 2:a spridningen
Torrsubstans	%	23.4	0.58	0.76
Ammoniumkväve	kg/ton	0.9	0.4	0.6
Totalkväve	kg/ton	5.2	0.5	1.0
Ammoniumkväve	%	17.3	80.0	60.0
Fosfor	kg/ton	3.3	0.07	0.11
Kalium	kg/ton	1.6	0.9	1.0
Magnesium	kg/ton	1.0	0.1	0.07
C/N-kvot		14	14	5

I tabell 3 redovisas resultaten från odlingsförsöken.

Tabell 3. Resultat från odlingsförsöken.

Försöksruta	Kvävegiva	Skörd (Dt/ha)
A - Obehandlat	0	36.68
B - Mineralgödsel	1/1	51.48
C - Biogödsel, fast fraktion	1/4	45.12
D - Biogödsel, fast fraktion	1/2	48.75
E - Biogödsel, flytande fraktion	1/2	47.87
F - Biogödsel, flytande fraktion	2x1/2	53.75

Skörden på det mineralgödslade fältet är lägre än den av lantbrukaren förväntade skörden. Troligen beror detta på att efter gödningen (både med mineralgödsel och biogödsel) fördröjdes sådden ca en månad pga regn). Resultaten från odlingsförsöken visar på en ökad skörd med flytande biogödsel med samma giva som mineralgödsel. Jämförs fast och flytande gödsel med 1/2 giva, har den fasta biogödseln gett något större skörd än den flytande.

Efter avslutad rötningssäsong återfördes ca 2/3 av biogödseln till två närbelägna lantbrukare. Resterande biogödsel sparades för att användas som ympmaterial till nästa driftsäsong. I tabell 4 finns analysen på biogödseln.

Tabell 4. Analys på biogödsel vid rötningssäsongens slut.

Analys		Fast rötrest
Torrsubstanshalt	%	14.0
Totalkväve	kg/ton	5.2
Ammoniumkväve	kg/ton	1.4
Andel NH ₄ -N	%	26.9
Fosfor	kg/ton	1.9
Kalium	kg/ton	1.3

I figur 3 och 4 görs en jämförelse av kvävesammansättningen hos biogödsel och hos svin- respektive nötgödsel (se tabell 5).

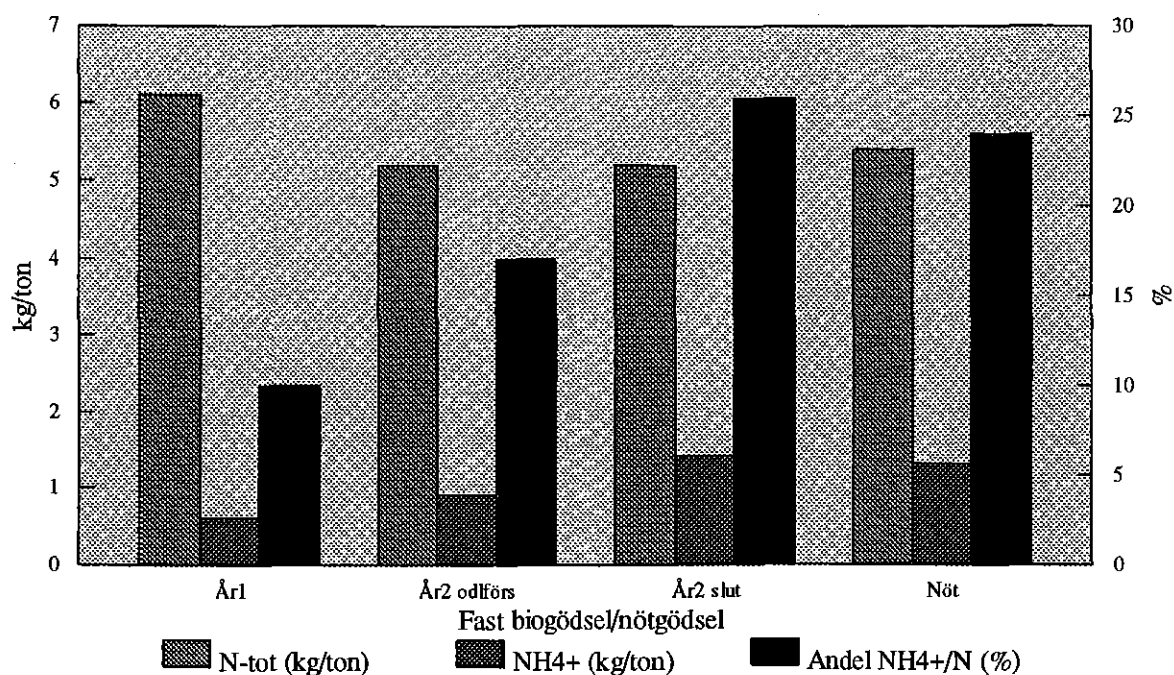
Tabell 5. Näringsvärde hos gödsel.

Analys		Fastgödsel nöt medel 32 ana- lyser ¹	Svinflytgödsel medel 150 analyser ¹
Torrsubstanshalt	%	18.5	6.9
Totalkväve	kg/ton	5.4	5.3
Ammoniumkväve	kg/ton	1.3	3.5
Andel NH ₄ -N	%	24.1	66.0
Fosfor	kg/ton	1.5	1.4
Kalium	kg/ton	4.6	2.2

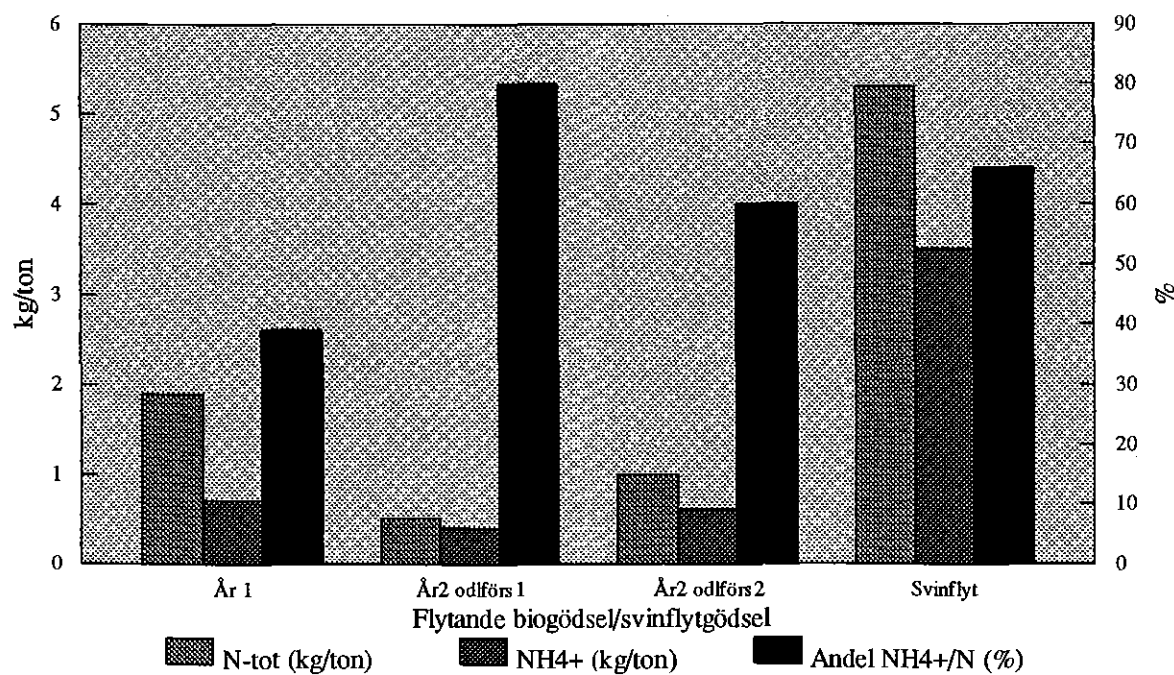
1/ Källa. Hushållningssällskapet Malmöhus

I figur 3 jämförs fastgödsel från nötkreatur med rötresten efter avslutad drift år 1 "år 1", fast biogödsel som togs ur röt-kammaren under drift för att användas i odlingsförsöken "År 2 odlförs" samt biogödsel efter avslutad drift år 2 "år 2 slut". I figur 4 jämförs flytsvingödsel med den flytande biogödseln efter avslutad drift år 1 "år 1" samt flytande biogödsel som togs ur röt-kammaren vid två tillfällen med två månaders mellanrum "År2 odlförs1" och "År2 odlförs2". I figurerna visas dels antal kg N-tot respektive NH₄+ per ton och dels hur stor del av N-tot som är NH₄+

Den fasta biogödseln "år 2 slut" har en kvävesammansättning som är snarlik nötgödsels med något större andel ammoniumkväve. Andelen ammoniumkväve har ökat betydligt, från 10 till 26 %, från år 1 till år 2. Andelen ammoniumkväve i "år 2 slut" var också större än andelen ammoniumkväve i den fasta biogödseln som användes i odlingsförsöken, "år2 odlförs". Därmed kan ytterligare en förbättring av skörderesultaten förväntas. Den flytande biogödseln har något större andel ammoniumkväve än flytsvingödsel (70 % jämfört med 66 %) men pga lägre torrhalt har den lägre totalinnehåll av kväve än flytsvingödsel.



Figur 3. Jämförelse mellan kvävesammansättning hos fast biogödsel från pilotanläggningen och hos nötgödsel.



Figur 4. Jämförelse mellan kvävesammansättning hos flytande biogödsel från pilotanläggningen och hos svinflytgödsel.

5.3.6 Antal arbetstillfällen

Antal arbetstillfällen som har genererats under etapp 2, dvs byggnation och två års drift, beräknas till 3 manår. I denna arbetstid ingår olika typer av arbetskraft: konstruktörer, byggarbetare, driftspersonal, chaufförer samt bygg- och projektledare.

På lång sikt beräknas varje SoL-gasanläggning i fullskala motsvara 4 manår för projektering, uppförande, byggledning, driftsättning och projektledning. För råvaruhantering, laddning, tömning samt drift av anläggningen beräknas det åtgå 1 manår/år.

5.4 Slutsatser och förslag till fortsättning i pilotanläggningen

Under driftsäsong 2 har det framförallt varit problem med att upprätthålla tillräckligt hög och jämn temperatur. Vätskespridningen, genomrinningen samt dukens gastäthet har uppfyllt de ställda kraven.

Driften i pilotanläggningen föreslås därför fortsätta ytterligare en driftsäsong eftersom möjlig gasproduktion från SoL-gastekniken inte kan utvärderas förrän stabila temperaturförhållanden råder i röt-kammaren under hela rötningstiden.

Följande punkter bör åtgärdas inför driftsäsong 3:

- Nuvarande ångsystem i röt-kammaren ersätts med vattenburen golvvärme. Samtidigt gjuts ett nytt betonggolv med isolering i röt-kammaren för att minska värmeförlusterna.
- Ett cirkulationssystem för processvätskan där utgående vätska pumpas direkt från botten till spridarsystemet på toppen. Därmed minskas värmeförlusterna från inmatningsbrunnen som processvätskan idag rinner till.
- För att förenkla mottagningen av svingödsel bör en genomföring installeras i toppen på röt-kammaren för direkt inpumpning av svinflytgödseln.

Med en fortsatt drift under ytterligare en driftsäsong ges också möjlighet att optimera råvarublandningen med utgångspunkt från resultaten från labförsöken samt att utnyttja den anpassning av bakterierna som sker, både till substrat och temperatur, när rötrest från tidigare driftsäsong kan användas som ympmaterial.

6. Försök i labbskala

Labförsöken genomförs satsvis i 1-liters kolvar vid 28 °C. Total gasproduktion mäts och metanhalten analyseras.

6.1 Beskrivning av labförsöken

Två försöksserier har genomförts.

Försöksserie 1

I första försöksserien studerades 6 olika blandningar.

- Referens. En blandning av halm/hästgödsel/tång/svingödsel motsvarande blandningen i pilotanläggningen (T2).
- Försöket startar med en blandning av halm/hästgödsel/tång/svingödsel som i referensen. Under försökets gång tillförs sedan fettavskiljarslam 1 gång/månad under 3 månader (T1,T4,T5,T6).
- Två av kolvarna i föregående försök, töms på flytande rötrest när gasproduktionen börjar minska. Därefter tillförs fettavskiljarslam en gång (T4,T5).
- Hästgödsel (T7).
- Hästgödsel/tång (T10).
- Rötrest från pilotanläggningen som tillförs fettavskiljarslam 1 gång/månad (T11).

I tabell 6 redovisas blandningarna i försöksserie 1 och i tabell 7 redovisas ts-halt (före tillsats av fettavskiljarslam/vatten) samt andel ympmaterial)

Tabell 6. Blandningsschema för försöksserie 1. Mängderna är angivna i gram ts.

Kolv	Halm	Häst gödsel	Tång	Fast rötrest	Svin gödsel	Rötslam (ymp)	Fettavskiljarslam		
							1	2	3
T1	32.2	3.0	3.6	5.3	7.2	3.7	1.7 *	1.8*	1.7*
T2	32.2	3.0	3.6	5.3	7.1	3.5	Ref	Ref	Ref
T4	32.2	3.0	3.6	5.3	6.9	3.6	1.5**	2.0**	1.7**
T5	32.2	3.0	3.6	5.3	7.1	3.6	1.5**	2.0**	1.7**
T6	32.2	3.0	3.6	5.3	6.9	3.7	1.6*	1.8*	1.8*
T7		91.3				13.8			
T10		41.9	15.9			8.7			
T11				39.5			1.6*	1.8	1.7*

* Hygieniserat 1-2 h vid 70-75 °C

** Ej hygieniserat

Ref. Referenskolven har tillsats motsvarande mängd vatten.

Tabell 7. Ts-halt och ympandel i försöksserie 1, före tillsats av fettavskiljarslam/vatten.

Kolv	TS-halt (%)	Ymp (%) (Fast rörest + rötslam)
T1	19.4	19.6
T2	19.7	19.2
T4	19.7	19.5
T5	19.7	19.4
T6	19.6	19.7
T7	15.7	15.1
T10	14.3	15.1
T11	15.0	100

Efter 144 dagars rötningstid, tömdes T4 och T5 på vätska (pH 7.4).

Därefter tillsattes 1.6 gram ts, ohygieniserat fettavskiljarslam.

Försöksserie 2

Eftersom resultaten från första försöksomgången visade att kombinationen hästgödsel/tång jäser snabbare och ger mer gas än ren hästgödsel genomfördes ytterligare en försöksomgång med följande blandningar.

- Förhållandet mellan hästgödsel och tång varieras, dels dubbla mängden tång jämfört med pågående försök dels dubbla mängden hästgödsel jämfört med pågående försök. Ymp från reningsverket (T12 resp T13).
- Från pågående försök med hästgödsel/tång tas aktivt material ut och används som ymp till en blandning som är identisk med pågående häst/tång-försök med syfte att undersöka hur anpassad ymp påverkar gasutbyte och rötningstid (T14).
- Från pågående försök med hästgödsel/tång tas aktivt material ut och används som ymp till en blandning där en del av halmen ersatts med hästgödsel med syfte att studera gasproduktion och rötningstid vid ökad andel hästgödsel/tång i förhållande till halmen vid jämförelse med nuvarande driftsäsong i piloten med anpassad ymp (T15).

I tabell 8 redovisas de olika blandningarna i försöksserie 2 och i tabell 9 redovisas ts-halt och andel ympmaterial.

Tabell 8. Blandningsschema för försöksserie 2. Mängderna är angivna i gram ts.

Kolv	Halv	Häst gödsel	Tång	Fettavskiljarslam	Svin gödsel	Rötslam (ymp)	Anpassad ymp från T10
T12		41.9	31.8			11.1	
T13		83.8	15.9			15.0	
T14		41.9	15.9	5.0		1.4	7.4
T15	35.0	7.2	7.2	5.3	7.8	1.2	6.8

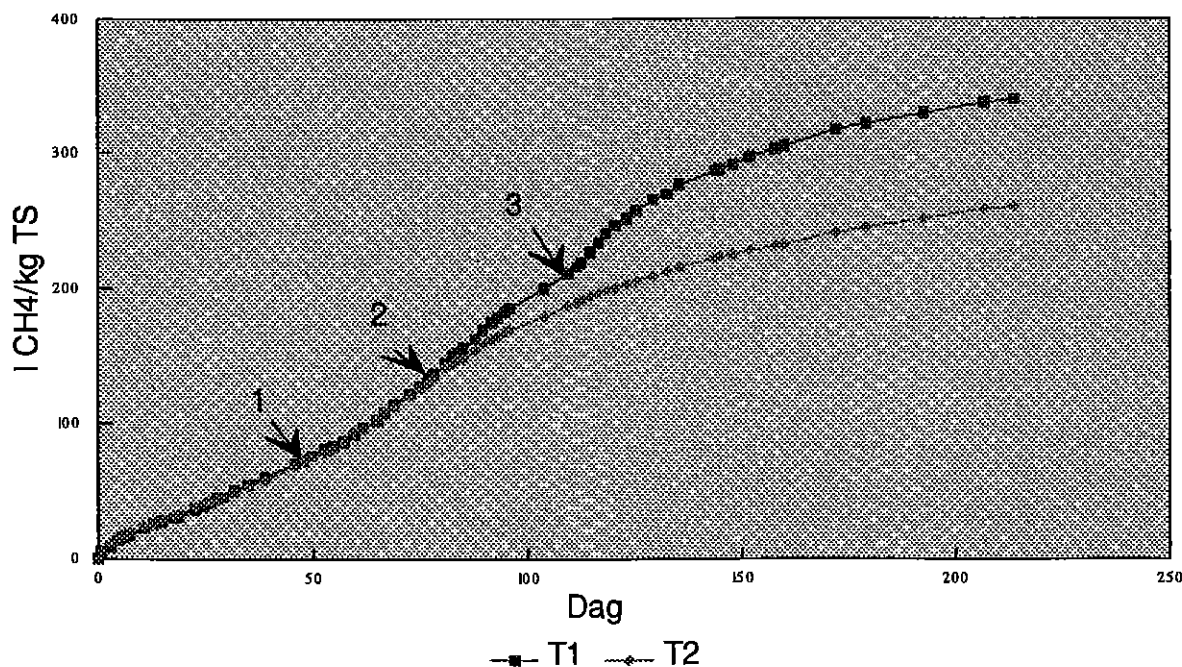
Tabell 9. Ts-halt och ympandel i försöksserie 2.

Kolv	TS-halt (%)	Ymp (%)
12	11.9	15.1
13	12.7	15.1
14	12.8	13.9
15	14.9	12.8

6.2 Resultat från labförsöken

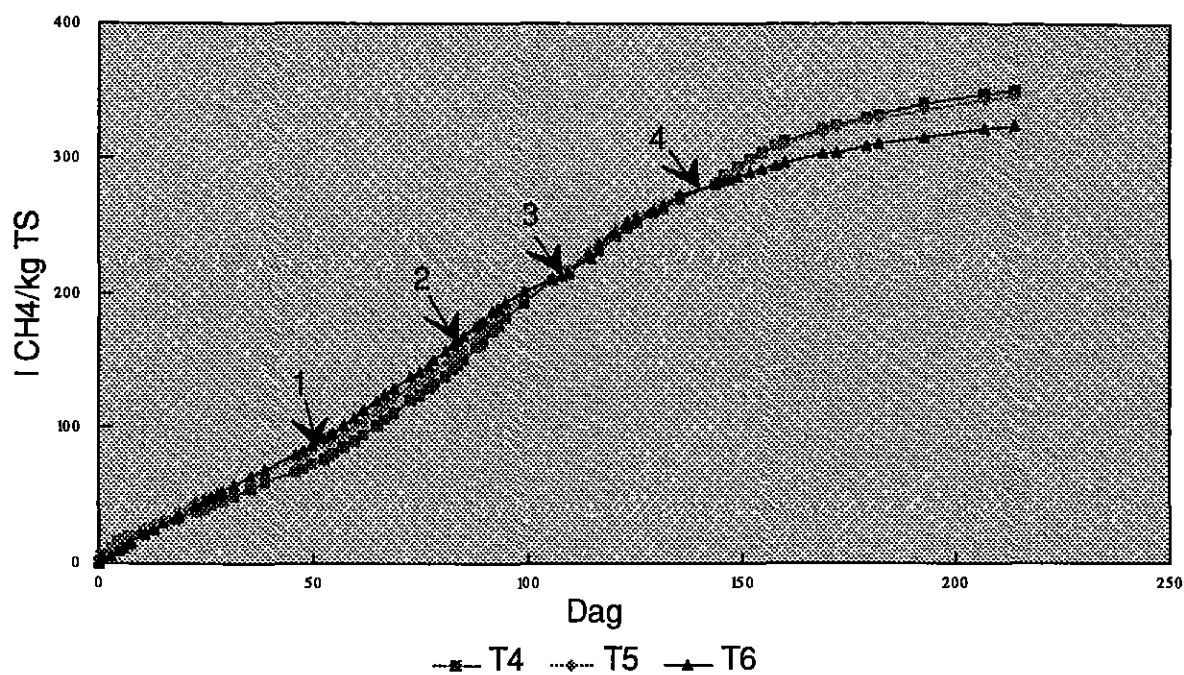
I figur 5 och 6 visas metangasproduktionen från blandningen som motsvarar blandningen i försöksanläggningen. Vid start är torrhalten 19-20 % dvs det finns ingen fri vätskefas och rötningen startar därmed relativt långsamt. När första tillsatsen av vätska sker, så ökar gasproduktionen både för de kolvar som tillförs fettavskiljarslam och referenskolven som enbart får vatten dvs en sänkning av torrhalten gynnar gasproduktionen. Vid vätsketillsats 2 och 3 ökar gasproduktionen mer i de kolvar som tillförs fettavskiljarslam än i referenskolven. Ingen skillnad kan noteras i gasproduktionen beroende på om fettavskiljarslammet är hygieniserat eller ej.

Ökningen i gasproduktion vid fettavskiljartillsatserna ger i medeltal en gasproduktion från fettavskiljarslam på 690 l CH₄/kg ts. Även resultaten från kolv T11 (figur 7), med enbart fast rötrest från pilotanläggningen har vägts in i beräkningen. Den teoretiska biogaspotentialen från rent fett är 960 l CH₄/kg fett (3). Enligt de analyser som gjorts på ingående råvaror till försöksanläggningen så är askhalten 13 % i fettavskiljarslammet, vilket medför att teoretiskt skulle 835 l CH₄/kg ts kunna utvinnas. I labförsöken har därmed 83 % av teoretiskt utbyte uppnåtts.

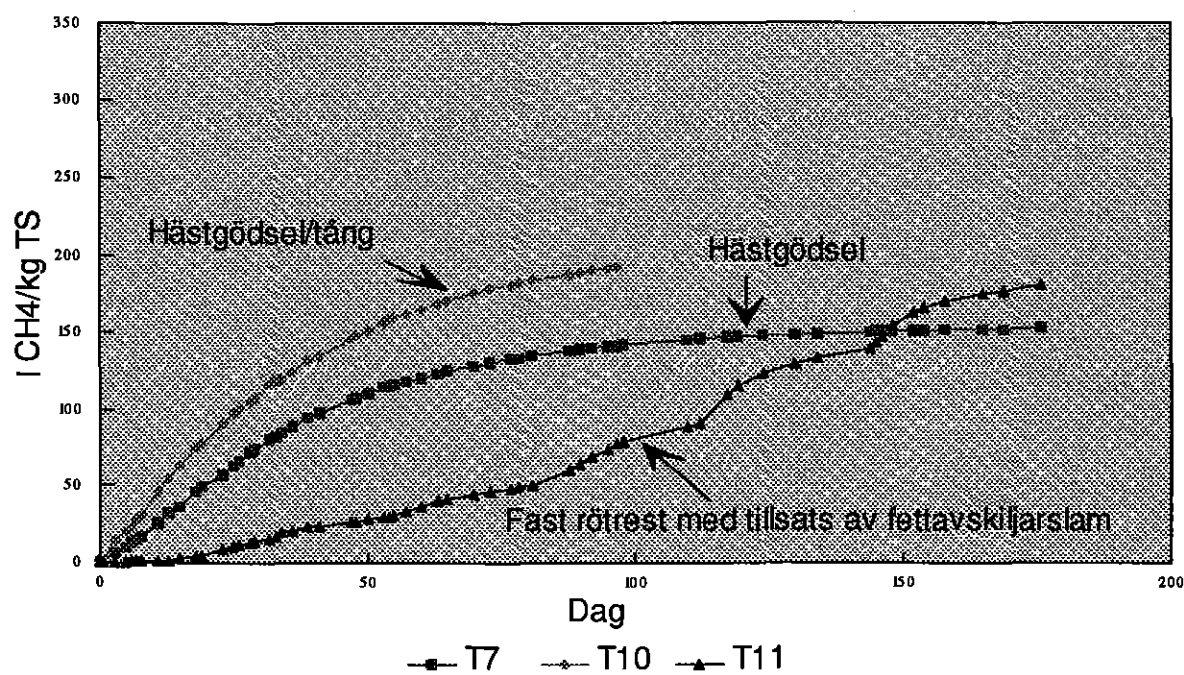


Figur 5. Metanproduktion i försöksserie 1.

Referensförsök samt försök med fettavskiljartillsats



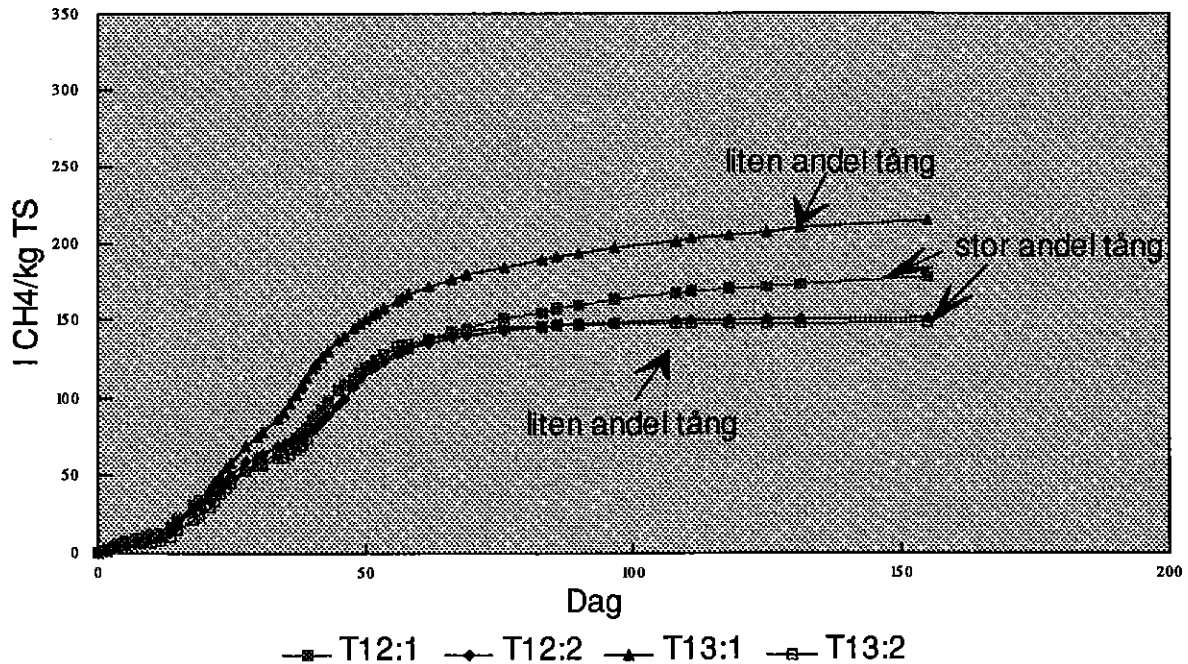
Figur 6. Metanproduktion i försöksserie 1.
Försök med fettavskiljartillsats.



Figur 7. Metanproduktion från försöksserie 1.
Försök med hästgödsel, tång och fasta rötrest.

I figur 7 finns resultaten från försök T7 och T10 med hästgödsel respektive en blandning hästgödsel/tång. Efter ca 100 dagars rötningstid hade blandningen gett 192 l CH₄/kg ts jämfört med 142 l CH₄/kg ts för enbart hästgödsel.

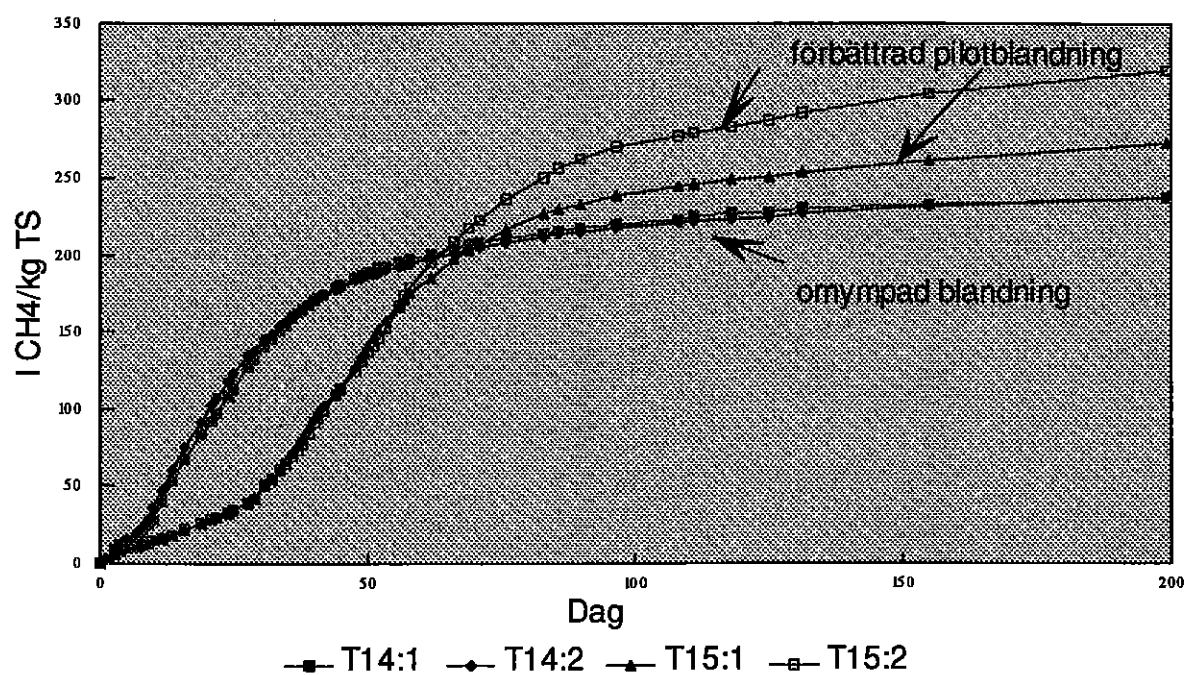
I försöken som redovisas i figur 8 med ökad (T12) respektive minskad andel tång (T13) i förhållande till hästgödseln, uppnåddes lägre gasutbyten (räknat som medelvärde av dubbelproven) vid jämförelse med blandningen i T10, framförallt i blandningen med stor andel tång.



Figur 8. Metanproduktion i försöksserie 2.

Försök med olika blandningsförhållanden hästgödsel/tång.

Rötresten från T10 användes som ymp till de försök som redovisas i figur 9. Blandningen i T13 är samma som i T10 men med anpassad ymp, vilket har gett en högre gasproduktion och även ett snabbare rötningförlopp. Blandningen i T14 har modifierats jämfört med den blandning som har använts i försöksanläggningen under driftsäsong 97/98 samt startats med anpassad ymp. Resultatet har blivit en förbättrad gasproduktion jämfört med tidigare rötningförsök. medelvärdet för dubbelprovet blev 282 l CH₄/kg ts. Detta skall jämföras med ett gasutbyte på 195 l CH₄/kg ts som uppnåddes i de inledande labförsöken som genomfördes i samband med förstudien våren 1993.



Figur 9. Metanproduktion i försöksserie 2. Försök med omympning och förändrade blandningsförhållanden på ingående råvaror.

7. Utredning av miljökonsekvenser

Miljökonsekvensbeskrivning är en form av systemanalys där miljöeffekterna för ett nytt system studeras, bedöms och jämförs med aktuell situation. I detta fall är det nya systemet en biogasanläggning som utnyttjar/behandlar restprodukter från stad och land. Restprodukterna som kommer från lantbruket är halm och svingödsel. Restprodukterna som kommer från staden är fettavskiljarslam, slam från trekammarbrunnar, tång och även hästgödsel räknas till stadens restprodukter (ridskolor t ex). I miljökonsekvensbeskrivningen jämförs den miljöpåverkan som respektive restprodukter har med dagens användning, med den miljöpåverkan som uppkommer vid användning i biogasanläggningen.

Analysen omfattar hantering av material, energianvändning, transporter, gödsling samt allmänna faktorer vid anläggningen. Jämförelsen utgår från att de nyttigheter som erhålls vid införande av ett biogassystem, biogas och gödsel, ersätter motsvarande mängder i det nuvarande systemet.

7.1. Systembeskrivning

I systembeskrivningen beskrivs hur de olika restprodukterna/råvarorna behandlas i nuvarande system och hur hanteringen kommer att förändras vid behandling /utnyttjande av råvarorna i en SoL-gasanläggning.

7.1.1 Nuvarande system

Halm: Den halm som används för biogasproduktion förutsätts vara överskottshalm som ej åtgår till djurfoder. I nuvarande system plöjs denna halm ned eller eldas på fältet. Vid nedplöjning omsätts halmen långsamt i marken. Halm har ett högt ligninnehåll, ca 20 %, och är ett viktigt material för humusuppbyggnad i marken. Efter rötningen finns denna ligninandel kvar eftersom de anaeroba bakterierna ej kan bryta ned lignin. Detta innebär att halmens humusuppbyggande förmåga finns kvar efter rötningen. Vid eldning på fältet förstörs humusämnen samt kväve medan de oorganiska näringsämnena återfinns i halmaskan. Halmeldning på fältet ger upphov till luftburna emissioner samt orsakar besvär för de kringboende. Vissa år förbjuds halmeldning pga brandrisk.

Svingödsel: Svingödsel (flyt) lagras i gödselbehållare och används som gödselmedel. Enligt skötsellagen skall flytgödselbehållarna i södra Sverige vara täckta för att minska ammoniakavgången. Det finns dock inget krav på att det skall vara gastät täckning med omhändertagande av bildad metan. Detta innebär att det med nuvarande lagringsregler sker en metanavgång från flytgödselbehållare. Omfattningen är ej klarlagd.

Hästgödsel: Hästgödsel består till stora delar av halm. Den stora andelen halm gör att lantbrukarna vanligen anser den besvärlig att köra ut och bruka ner. Alternativet är att lagra gödsel så att den "bränner". Produkten är då enklare att hantera, dock har lagringen inneburit kväveförluster. Hästgödsel på ridskolor hämtas vanligen av lantbrukare (mot betalning).

Tång: För att minska luktproblemen samlas tången ihop på stränderna och läggs i en stor stack för torkning. Sedan siktas den från sand och används som utfyllnadsmaterial.

Fettavskiljarslam: Inom Trelleborgs Kommun behandlas fettavskiljarslammet tillsammans med övrigt avloppsslam och tillförs befintlig röttningsanläggning. I vissa andra kommuner t ex Malmö, vill avloppsreningsverken av processtekniska skäl ej ta emot fettavskiljarslam och slammet får då

deponeras i brist på andra alternativ. På en deponi med metangasutvinning utvinns en del av fettavskiljarslammets energiinnehåll men all bildad metangas kan inte samlas in på en deponi. Deponering av fettavskiljarslam kan orsaka praktiska problem på deponin. När mycket vätska tillförs blir det t ex svårt att köra med kompaktorena.

Tabell 10. Sammanställning över nuvarande användning av råvarorna för biogasproduktionen samt eventuell nuvarande miljöpåverkan.

Råvara	Användning/Behandling	Miljöpåverkan
Halm	Nedplöjning/Eldning på fält	Oförbrända kolväten vid eldning
Svingödsel	Lagring i gödselbrunn, gödsling	NH ₃ - och CH ₄ -läckage
Hästgödsel	Kompostering, nedplöjning	NH ₃ -avgång
Tång	Utfyllning	Mycket besvärande lukt
Fettavskiljarslam	Reningsverk/deponi	CH ₄ -läckage vid deponering
		N,P-läckage från reningsverk
Trekammarbrunnslam	Reningsverk	N,P-läckage från reningsverk

7.1.2 SoL-gassystemet

Vid en övergång till att använda de olika restprodukterna i en Sol-gasanläggning kommer råvarornas energiinnehåll att utnyttjas i form av förnyelsebar biogas. Biogasen kan sedan användas till värme-, kraft/värme eller fordonsbränsleproduktion. Allt organiskt material som tillförs röt-kammaren omsätts inte till biogas vilket innebär att organiskt material återförs till åkermarken efter rötningen. Denna sk biogödsel innehåller samtliga näringsämnen som de tillförda råvarorna innehöll.

De beräkningar på miljöeffekterna som görs utgår från en SoL-gasanläggning placerad i närheten av avloppsreningsverket i Trelleborg. Storleken på anläggningen motsvarar den fullskaleanläggning som beskrivs i kapitel 8 med en gaspotential på 2.3 GWh.

7.2 Genomgång av olika miljöeffekter

De miljöeffektkategorier som beaktas är

- Förbrukning av naturresurser (främst energiråvaror)
- Hälsoeffekter (VOC, CO, NO_x, SO₂)
- Växthuseffekten (CO₂, CH₄)
- Förurning (NO_x, SO₂, HCl)
- Eutrofiering (övergödning) (N,P,)
- Bildning av marknära ozon från sk fotooxidanter (NO_x, VOC)

7.2.1 Energiförbrukning

Tillförseln av råvaror till röt-kammaren och återföring av biogödsel efter avslutad rötning innebär en energiförbrukning. Vissa av materialen transporteras redan idag för att omhändertagas. I beräkningarna ingår enbart den ökning i transporter som Sol-gastekniken medför. Inlastning av material i röt-kammaren samt utlastning av biogödseln innebär också en energiförbrukning i form av fossila drivmedel.

Till skillnad mot kompostering kräver den anaeroba nedbrytningsprocessen tillförsel av energi. En del av den producerade biogasen går därför tillbaka till röt-kammaren.

Elenergi åtgår för att driva vätske-cirkulationspumpen och gasfläkten.

I tabell 14 finns en sammanställning över nedan beskrivna förändringen i energiförbrukningen vid övergång till ett SoL-gassystem.

Transport av ingående material

Halm - Pressning och transport av halmen till röt-kammaren.

Svingödsel - Transport av svingödsel från lagrings-behållare till röt-kammaren.

Hästgödsel - Transport från ridskola/gård till röt-kammaren.

Tång - Ingen ökning av transporter. Insamling på stranden görs redan idag och transportav-stånden är snarare kortare till röt-kammaren än till upplagringsplatsen, där tången läggs idag.

Fettavskiljarslam - Ingen ökning av transporter eftersom materialet redan idag samlas in och förs till behandling. Eventuellt skulle transporter kunna minska om det fanns SoL-gasanläggningar på fler platser än det idag finns deponier/reningsverk.

Trekammarbrunnslam - Ingen ökning av transporter eftersom materialet redan idag samlas in och förs till behandling. Även här skulle transporter kunna minska om det fanns SoL-gasanläggningar på fler platser än det idag finns reningsverk.

Med dessa antaganden innebär det att transporten av halm, svingödsel och hästgödsel till röt-kammaren är en ökning av transporter medan det för övriga råvaror är oförändrade transporter eller eventuellt minskade transporter. I tabell 11 finns en sammanställning av energiförbrukningen vid insamling och transport av råvarorna (Data från P Börjesson, 1996 (4) har använts vid beräkningarna) för två olika transportavstånd 5 respektive 10 km (energiförbrukning för tom returtransport ingår) samt energiförbrukningen i förhållande till den energimängd som kan utvinnas från respektive råvara i en SoL-gasanläggning.

Vid beräkning av energiförbrukningen vid pressning av halmen beräknas enbart drivmedelsåtgången. Pressning av halm till rötningen antas ske med befintliga maskiner som bara utnyttjas mer och därmed räknas inte den energimängd som förbrukas vid tillverkning och underhåll av maskinerna. Om hänsyn tas till även den energiförbrukningen så ökar energiåtgången vid pressningen med 79 %.

Transport antages ske med traktor som kan lasta 16 ton alternativt 50 m³ av materialen. För halmen som har låg densitet innebär det att det är volymmåttet som är begränsande medan det för hästgödsel, är vikten som är begränsande för transporterad mängd. Lastkapaciteten för flytande varor antages vara 12 m³.

Tabell 11. Energiförbrukning vid insamling och transport av råvaror.

Material	Energiförbrukning MJ/ton			Energiförbrukning	
	Pressning	Transport		% av råvarans biogasprod	
		5 km	10 km	5 km	10 km
Halm	330	27	54	5.8	6.3
Svingödsel		19	38	2.9	5.8
Hästgödsel		15	30	0.6	1.2

Inlastning/urlastning av material i rötammaren

Inlastning av fasta råvaror och tömning av den fasta delen av kvarvarande biogödsel efter rötningen bedöms kräva vardera 6 dagar per cell dvs totalt 380 h. Dieselförbrukningen för en lastmaskin som sköter in- och utlastning har satts till 10 l/h.

Transport och spridning av biogödsel

Vid den anaeroba nedbrytningen sker en reduktion av torrsubstansmängderna men eftersom torrhalterna i rötammaren ligger på 15-20 % så innebär en 50 %-ig reduktion av ts-halten enbart en reduktion av totalvolymen till ca 90 %.

Av de råvaror som har tillförts rötammaren är det enbart fettavskiljarslam och slam från trekammarbrunnar som idag, efter avvattning till ca 20 %, transporteras från reningsverket ut på åkern. Avvattningen till en torrhalt på 20 % innebär att mängden material som skall transporteras minskar till 85 %. Vid de aktuella blandningsförhållanden av råvaror innebär det att ca 90 % av biogödseln är ny transport.

Biogödseln antages transporteras dels i flytande form (1/3) och dels i fast form (2/3). Den flytande delen transporteras med traktor och vagn med slangspidare för direkt tillförsel till åkern och den fasta delen transporteras med lastbil vardera med 12 ton i lastkapacitet. Transportavståndet är i båda fallen på 5 km.

Ersatt handelsgödsel

SoL-gassystemet producerar en biogödsel som kan minska användningen av handelsgödsel. Minskning av handelsgödselbehovet beräknas som skillnaden i ammoniumkvävemängd mellan de restprodukter som i nuvarande system förs till åkermark och ammoniuminnehållet i biogödseln. Energibehovet för att binda luftkväve vid framställning av handelsgödsel antages till 10 kWh/kg N (5).

7.2.2 Hälsoeffekter, toxiska effekter

Hälsoeffekter och toxiska effekter innebär att människors hälsa försämras av att de utsätts för olika emissioner. De emissioner som bidrar till hälsoeffekter är gasformiga utsläpp som NO_x, SO₂, HCl, CO, VOC samt miljögifter exempelvis tungmetaller, PCB, dioxiner och PAH. De olika ämnena ger olika typer av hälsoeffekter och har olika stark effekt. De är därmed svåra att jämföra med varandra. Här görs en gruppering av emissionerna beroende på var utsläppen sker.

- Gasformiga ämnen som huvudsakligen kommer från transporter av ingående råvaror, transport och spridning av rötrest samt vid förbränning. De ökade transporterna ger en ökning av emissioner medan övergången från olja till biogas ger en minskning av emissionerna, se tabell 15. Emissioner av VOC sker i nuvarande system vid halmeldning på fälten, men emissionsnivåerna är svåra att fastställa.
- Emissioner till vatten av exempelvis kväve, fosfor, fenoler och COD, kan ske via reningsverk och deponier. Inga emissioner till vatten förekommer i SoL-gas systemet. I det nuvarande systemet förekommer emissioner till vatten via de råvaror som behandlas i reningsverk eller på deponi dvs fettavskiljarslam och trekammarbrunnslam.
- Miljögifter som tungmetaller, PCB, dioxiner och PAH. Inga restprodukter tas in till SoL-gasanläggningen som innehåller halter som överstiger de riktvärden som angivits av SNV för användning av slam på åkrar. Jämfört med nuvarande system så är det föroreningar i

tång och eventuellt fettavskiljarslam (i de fall detta läggs på deponi) som är nytillförsel till åkermark.

7.2.3 Växthuseffekten

Vissa gaser i jordens atmosfär kan fånga upp jordens värmestrålning och ge en temperaturhöjande effekt. Dessa gaser kallas växthusgaser. De växthusgaser vars halt ökar till följd av mänskliga aktiviteter är huvudsakligen koldioxid, metan, dikväveoxid(lustgas) och klorfluorkarboner.

De olika växthusgasernas effektivitet varierar. Faktorer som påverkar är förmågan att absorbera IR-strålning och gasernas livslängd i atmosfären. För att kunna jämföra olika gaser och göra en samlad bedömning används den sk GWP-faktorn som anger den aktuella gasens växthuseffekt vid ett utsläpp av 1 kg koldioxid. Eftersom livslängden i atmosfären är av betydelse så varierar GWP-faktorn beroende på vilket tidsperspektiv som används. Vanligen används 100 år, se tabell 12.

Tabell 12. 3 växthusgasers GWP-faktor.

Växthusgas	Livslängd	GWP 100 år
Koldioxid	120	1
Metan	10	21
Dikväveoxid	150	290

Koldioxid

Förbränning av fossila bränslen är den viktigaste källan till utsläppen av koldioxid. I avsnitt 7.2.1 beräknades den ökning av energiförbrukningen (transporter av råvaror och biogödsel, spridning av rötrest samt in- och urlastning i rötkammaren) som en SoL-gas anläggning medför. Den biogas som en SoL-gasanläggning producerar medför att användningen av fossila bränslen, och därmed emissionerna av CO₂, kan minska. Även minskat behov av handelsgödsel innebär en minskning av behovet av fossila bränslen. Totalt kommer CO₂-emissionerna att minska med 95 % med Sol-gassystemet jämfört med nuvarande system, se tabell 15.

Metanemissioner

Den anaeroba rötningsprocessen sker i en sluten rötkammare dvs inga emissioner förekommer under drift. Vid tömning av rötkammaren samt vid eventuell öppning av rötkammaren under pågående drift för att tillföra fasta restprodukter, kommer den metanmängd som finns i rötkammaren att släppas ut. För att minimera detta metanutsläpp bör metanhalt minskas genom utsugning och förbränning av gasen ner till en metanhalt på 5 % före tömning.

Metanemissionerna i nuvarande system består dels av emissioner från lagring av flytgödsel i gödselbrunnar och dels från metanläckage från eventuell deponering av fettavskiljarslam, högst 80 % av bildad gas bedöms kunna samlas in (6). Inga mätningar finns på metanemissionerna från gödselbrunnar. En uppskattning är att 20 % av gödselns biogaspotential bildas vid normal gödsel förvaring (7).

Totalt kommer metanemissionerna att minska med över 95 % vid en övergång till Sol-gassystemet, se tabell 15.

7.2.4 Försurning

De gaser som framförallt bidrar till försurning är SO₂, NO_x och HCl. Dessa gaser bildas i olika typer av förbränningsprocesser. Användning av biogas istället för olja medför lägre emissioner av framförallt NO_x vid förbränningen. Transporter av råvaror och rötresten ger en ökning av NO_x-utsläppen. Totalt sett kommer NO_x-utsläppen att öka med 5 % och SO₂-utsläppen kommer att minska med 45 %.

7.2.5 Eutrofiering

Eutrofiering eller övergödning innebär att näringsämnen förs till vattensystemen. Utsläppen av dessa ämnen framförallt N, P och C kan ske både i vattenutsläpp och i luftutsläpp i form av NO_x. En ökad behandling av fettavskiljarslam och trekammarbrunnslam i SoL-gasanläggningar minskar behandlingsmängderna i reningsverken och därmed emissionerna till vatten.

Kväve som läggs ut på åkrarna i form av slam och rötresten anses inte ge något eutrofieringsbidrag.

7.2.6 Marknära ozon

Fotokemiska oxidanter utgörs av olika ämnen som genom solstrålning ger upphov till bildning av marknära ozon. Detta ozon åstadkommer skador på skog och grödor.

Framförallt två ämnesgrupper tillhör denna grupp: NO_x och VOC (inkl. CH₄). Emissioner av VOC sker i nuvarande system vid halmeldning på fälten, men emissionsnivåerna är svåra att fastställa. SoL-gassystemet ger en svag ökning av NO_x-emissionen (5 %) jämfört med nuvarande system medan metanutsläppen minskar kraftigt, med över 95 %.

7.2.7 Okvantifierade miljöeffekter

Lukt

I Sol-gassystemet kan lukt uppkomma kring biogasanläggningen i samband med laddning och tömning av anläggningen. Vid laddningen är det tång och hästgödsel som kan ge lukt vid inlastningen. Övriga luktande varor tillförs när röt-kammaren stängts. Vid tömningen är det biogödseln som kan ge lukt men den luktar betydligt mindre än t ex obehandlad gödsel och tång, varför den totala luktbelastningen inklusive spridningen, blir lägre.

Buller

Buller uppkommer främst i samband med transporter. Transporter förekommer framförallt vid laddning och tömning. Under driftsäsongen tillförs enbart flytande restprodukter ca 2 bilar/dag.

7.3 Sammanställning av miljöeffekterna från de studerade systemen

Vid beräkning av emissionerna från nuvarande system antas att biogasen ersätter olja med emissionsdata enligt tabell 13 (8). Vid beräkning av emissioner från traktortransporter med dieselolja miljöklass 2 som drivmedel och lastbilstransporter med dieselolja miljöklass 1 som drivmedel, används emissionsdata enligt tabell 13 (9). Vid beräkning av emissioner från biogas-

förbränningen används emissionsdata för naturgas avseende CO, NO_x och partiklar enligt tabell 13 (8).

Tabell 13. Emissioner från förbränning av olja och naturgas (8) samt emissioner vid dieseldrift av traktorer(9).

Ämnen	Emission (g/MJ)			
	Förbränning av olja, medelvärde	Dieseldrift av traktorer	Lastbilstransport, miljödiesel	Förbränning av naturgas, medelvärde
CO ₂	76	82	76	56 (0 för biogas)
Kolväten	ca 0.001	0.047	0.017	0
NO _x	0.090	0.59	0.78	0.050
SO ₂	0.125	-	-	<0.065 (för biogas)*
Partiklar	0.015	0.015	0.021	0

*i gasanalyserna från pilotanläggningen har inte H₂S kunnat detekteras. Analysinstrumentets detektionsnivå är 500 ppm, vilket har använts i tabell 13.

Baserat på beräkningar i avsnitt 7.2.1 kan följande sammanställning (tabell 14) göras på energiförbrukningen för en Sol-gasanläggning i fullskala (aktuella mängder se tabell 16). Transportsträckan för halm, hästgödsel, svingödsel och rötresten antas vara 5 km. Inom en 5 km:s radie finns det i Trelleborgs kommun i genomsnitt (10) ca 8 600 ton halm tillgängligt för energiändamål dvs en Sol-gasanläggning använder ca 11 % av tillgänglig halmmängd. Med motsvarande beräkningssätt använder en Sol-gasanläggning 33 % av tillgänglig (11) svingödselmängd inom en 5 km:s radie. Tillräckliga mängder av tång och hästgödsel finns också inom detta avstånd.

Tabell 14. Ökad/minskad energiförbrukning för en Sol-gasanläggning i fullskala.

Moment	Energiförbrukning GJ	Andel av biogasproduktionen %
Pressning av halmen	297	2.7
Ökade transporter råvaror	79	0.7
Inlastning i röt-kammaren	69	0.6
Utlastning ur röt-kammaren	69	0.6
Ökade transporter biogödsel	141	1.3
Summa ökning	655	5.9
Minskad energiförbrukning för framställning av konstgödsel	-187	-1.7

Av den producerade biogasens energiinnehåll (3,0 GWh=10900 GJ), åtgår alltså knappt 6 % för att pressa halmen samt transportera materialerna och knappt 2 % av energiinnehållet sparas genom minskat behov av framställning av konstgödsel.

I tabell 15 finns en sammanställning över de olika emissioner som ger miljöpåverkan enligt avsnitt 7.2.2 till 7.2.4. I "transport" inräknas pressning, transport av råvaror och rötresten samt in- och urlastning av materialen i rötkammaren. "Rötkammargas" anger den mängd metan som släpps ut när rötkammaren öppnas.

Tabell 15. Sammanställning av emissioner från nuvarande system jämfört med emissioner från ett SoL-gassystem.

Emission	enhet	Nuvarande system	SoL-gassystemet			Skillnad
			Förbränning	Transport	Rötkammargas	
NOx	kg	900	545	405		+50
SO2	kg	1250	710	-		-540
Kolväten	kg	10*	0	30		+20*
Stoft	kg	150	0	10		-140
CO2	ton	760	0	50		-710
CH4	ton	13.2			0.3	-12.9

*exklusive kolväteemissioner i nuvarande system vid eventuell eldning av halmen på fälten

Görs en viktning av växthuseffekten mha GWP-faktorn ökar metanets minskade påverkan till 271 ton vilket kan jämföras med koldioxidens minskade påverkan på 710 ton.

Beräkningarna på de olika emissionerna visar att kväveoxidemissioner och kolväteemissioner ökar beroende på transporter. Är alternativet till att använda halmen i en Solgas-anläggning att elda halmen på fält kommer troligen en SoL-gasanläggning att totalt ge en minskning av kolväteemissioner. Övriga emissioner minskar framförallt emissionerna av växthusgaser. Påpekas bör då att emissionerna från oljeeldningen enbart avser själva förbränningen. Emissionerna vid utvinning och transport av olja till förbrukaren tillkommer.

7.4 Jämförelse av miljökonsekvenserna vid förbränning av halm

Ett annat sätt att utvinna energi ur halm är förbränning i värmeverk/kraftvärmeverk.

Med halmförbränning i stället för biogasproduktion finns följande skillnader avseende miljöpåverkan:

Fördelar

- Ökat energiutbyte.
- Mindre transporter av restprodukter eftersom askmängderna är mindre än biogödseln som finns kvar efter rötningen.

Nackdelar

- Halmens innehåll av kväve och lignin förbränns och återförs ej till åkermark
- Ökade emissioner av NOx, kolväten och CO vid förbränningen av halmen resp biogasen.

8. Teknisk lösning i fullskala

8.1 Beskrivning av anläggningen

I bilaga 3 finns en ritning på en SoL-gasanläggning i fullskala. Anläggningen består av 4 röt-kammare som kan laddas respektive tömmas oberoende av varandra. Rötkamrarna består av betonggolv med värmeslingor samt betongväggar upptill 4 m. Rötkamrarna är klädda med polyetenduk på insidan. Anläggningen är isolerad och utvändigt klädd med plåt. Anläggningen är försedd med hygieniseringsutrustning för uppvärmning av flytande råvaror upptill 70 °C. Uppvärmningen sker mha en gaseldad panna. Varje röt-kammare är försedd med en vätske-pump som transporterar vätska från botten på röt-kammaren till vätskespridningssystemet på toppen av röt-kammaren.

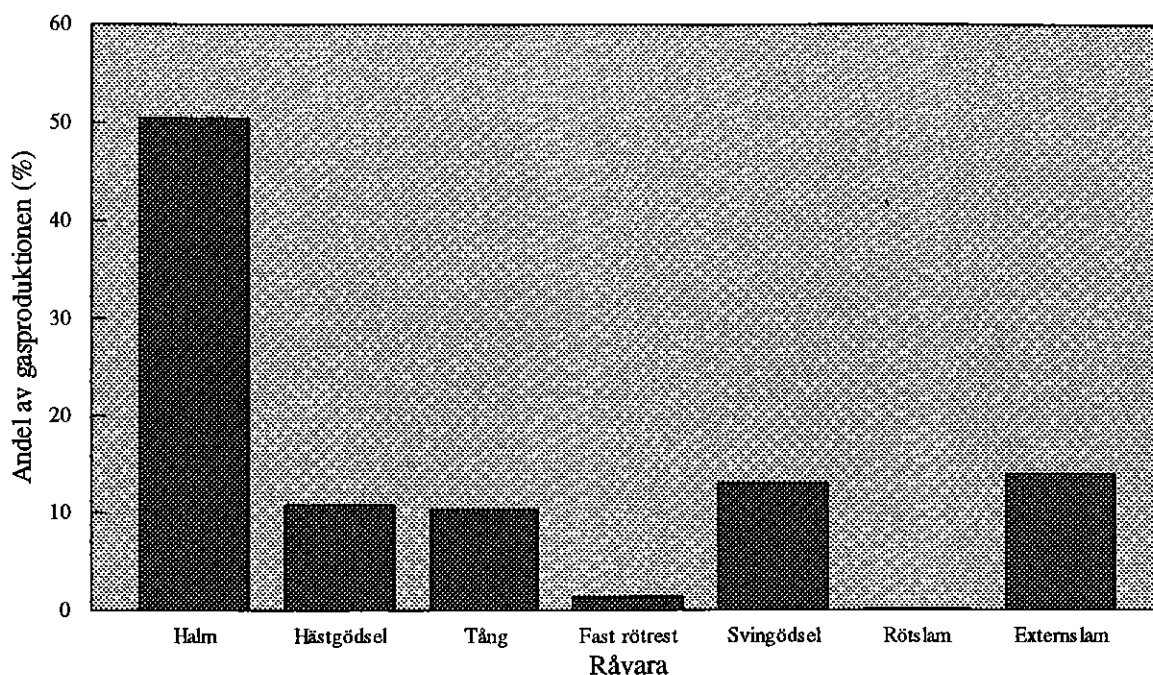
Rötkammaren upptar en yta på 2 600 m² (60 m x 40 m). Varje cell har en volym på 3 600 m³ (30 m x 20 m x 6 m) dvs totalt 14 400 m³.

8.2 Råvarumängder och gasproduktion

I tabell 16 finns en sammanställning över ingående mängder samt resterande mängd biogödsel efter rötningen. I figur 10 redovisas vilken andel av totala gasproduktionen som kommer från de olika råvarorna. Den totala årliga bruttogasproduktionen beräknas till 3.0 GWh. Av denna beräknas 10 % åtgå för att hygienisera inkommande slam samt att hålla röt-kammaren på 28 °C. Årlig nettogasproduktion uppgår därmed till 2 700 MWh. Med en beräknad rötnings-tid på 200 dagar motsvarar denna gasproduktion en medelgaseffekt på 0.6 MW.

Tabell 16. Ingående mängder till en Sol-gasanläggning i fullskala.

Inkommande/utgående	Ingående mängd (ton/år)
Halm	900
Hästgödsel	495
Tång	1125
Externslam	2 640
Svinggödsel	2 440
Rötslam	830
Total råvarumängd ingående	8 430
Anpassad ymp	990
Biogödsel utgående	7 800



Figur 10. Råvarorna andel av gasproduktionen (%).

9. Kostnadskalkyl

I lönsamhetskalkylen över SoL-gasanläggningen ingår följande delar på kostnadssidan

- kapitalkostnader
- råvarukostnader inklusive transportkostnader
- drift -och underhållskostnader

på intäktssidan

- mottagningsavgifter
- intäkter för gasförsäljning
- intäkter för försäljning av biogödsel

I avsnitt 9.1 till 9.5 redovisas de kostnads- och intäktsuppgifter som ligger till grund för lönsamhetskalkylerna i avsnitt 9.6. Där inget annat anges har timkostnader som debiterats i pilotanläggning använts vid beräkningarna.

9.1 Investeringskostnad

Investeringskostnaden för fullskaleanläggningen beräknas till 7.9 miljoner kronor. Kostnaderna fördelar sig enligt tabell 17:

Tabell 17. Fördelning av investeringskostnaden

Komponent	Kostnad (kr)
Byggnad med röt-kammare	5 500
Hygieniseringsutrustning	500
System för vätske-cirkulation	100
Gassystem	100
Elinstallation inklusive PLC-system	130
Projektering inkl tillståndsunderlag	150
Bygg-och montageledning	240
Driftsättning inkl driftsinstruktioner	180
Räntekostnader	280
Entreprenadpåslag inkl oförutsett 10 %	720
Summa	7900

9.2 Råvarukostnader

Halm

Enligt prisuppgifter från en halmentreprenör(12) ligger priset för halm på 30-35 öre/kg. I priset ingår ersättning till lantbrukaren, pressning, transport < 10 km samt avlastning. Priset avser halm med en fukthalt på 15 % eftersom det är den normala handelsvaran. Även fuktigare halm kan emellertid användas i rötcellerna. Priset för sådan halm med en fukthalt på 20-30 % kan sjunka ner till 20 öre/kg, men detta förutsätter att det finns avsättning för halm med 15 % i torrhalt. Dvs att halmentreprenören kan använda biogasanläggningen som mottagare för den del av halmen som har högre fukthalt.

Andra prisuppgifter (13,14) på halm levererad fritt värmeverk ligger på 100-115 kr/MWh, vilket motsvarar 24-28 öre/kg.

Priset på halm kan alltså enligt dessa uppgifter variera mellan 20 och 35 öre/kg bl a beroende på kvalitet.

Hästgödsel

Antages fritt levererad till anläggningen eftersom bl a ridskolor har problem med att bli av med materialet. Ingen mottagningsavgift.

Tång

Förutsätts fritt levererad till anläggningen eftersom insamlingen redan sker idag för att minska luktproblemen. Ingen mottagningsavgift.

Svingödsel

Kostnaden för svingödsel består dels av näringsvärdet och dels av transportkostnad. Svingödselns näringsvärde räknat på delen ammoniumkväve vid ett kvävepris på 8 kr/kg motsvarar 30 kr/m³. Transportkostnaden (inklusive lastning och tömning på 15 minuter) med ett

medelavstånd på 5 km från gården till rötkammaren beräknas till 20 kr/m³. Kostnaden för traktor med tankvagn plus förare och drivmedel har i beräkningen satts till 300 kr/h, lastkapaciteten till 12 m³ och medelhastigheten till 20 km/h.

Externslam

Benämningen externslam används i Trelleborg på fettavskiljarslam och slam från trekammarbrunnar. I Trelleborg behandlas slammen i rötkammaren med en mottagningsavgift (behandlingsavgift) på 30 kr/ton. Inom Sysavs område går fettavskiljarslammet idag till Spillepengen med en mottagningsavgift på 350 kr/ton. NSR tar emot biologiska slam för deponering med en mottagningsavgift på 450 kronor/ton (15). Kan materialet istället behandlas i deras rötkammare är avgiften lägre.

För material som deponeras kommer en avfallsskatt att införas på 250 kronor/ton.

Tabell 18. Sammanställning av kostnad/intäkt för ingående råvaror, levererade vid anläggningen.

Råvara	Kostnad/intäkt
Halm	kostnad: 20-35 öre/kg
Hästgödsel	0
Tång	0
Externslam	mottagningsavgift exkl deponiskatt: 30-450 kr/ton
Svinggödsel	kostnad: 50 kr/m ³

9.3 Drift- och underhållskostnader

Den största driftskostnaden är uppvärmning av rötkammaren. 10 % av producerad biogas beräknas åtgå för uppvärmning av rötkammaren och hygienisering. I gasintäkten räknas därför med nettoenergi. I de fall där mer lågvärdig energi kan användas för uppvärmning samtidigt som en större del av den mer högvärdiga biogasen kan säljas innebär det en förbättring av lönsamheten.

Övriga driftskostnader är elenergi för att driva vätske-cirkulationspump och gasfläkt, kostnader för in- och urlastning av material samt kostnad för driftspersonal. Elförbrukningen beräknas till ca 10 000 kronor/år.

Inlastningen av fasta material beräknas kräva 6 dagars arbete för en lastmaskin och två personer för varje cell. Tömningen beräknas kräva 6 dagar för en lastmaskin plus förare för varje cell. Kostnad för lastmaskin + förare har satts till 350:-/h + 200 kr/h för extra man vid inlastningen.

Under driftsäsongen är arbetsinsatsen låg (0,25 manår, 6000 kr/månad) för övervakning samt mottagning av flytande råvaror.

Underhållskostnaden har satts till enbart 0.5 % av investeringskostnaden, eftersom en stor del av investeringen består av markarbete och byggnader och en mindre del rörlig utrustning som pumpar och omrörare.

9.4 Intäkter från biogasen

Priset för naturgas till villakunder är 33 öre/kWh och för panncentraler 30 öre/kWh enligt uppgifter från Sydgas. Priserna är inklusive energiskatt. För villakunder är priserna för olja högre än för gas ca 38 öre/kWh.

I lönsamhetskalkylerna varierar gaspriset mellan 30 och 38 öre/kWh. Då förutsätts att all producerad biogas kan användas i direkt anslutning till biogasanläggningen.

Om biogasen skall användas som ersättning för bensen, tillkommer en uppgraderingskostnad för att rena och trycksätta biogasen, vilket gör att betalningsförmågan för den orenade biogasen troligen inte blir högre än ovan angivna värden. Betalningsförmågan för den orenade biogasen beror på flera faktorer som, storlek på reningsanläggning, utnyttjandegrad av biogasen, merkostnader för gasdrivna fordon, gaspris i förhållande till bensenpriset, fördelning av kostnader mellan biogasanläggning och uppgraderingsanläggning mm.

9.5 Intäkter från biogödseln

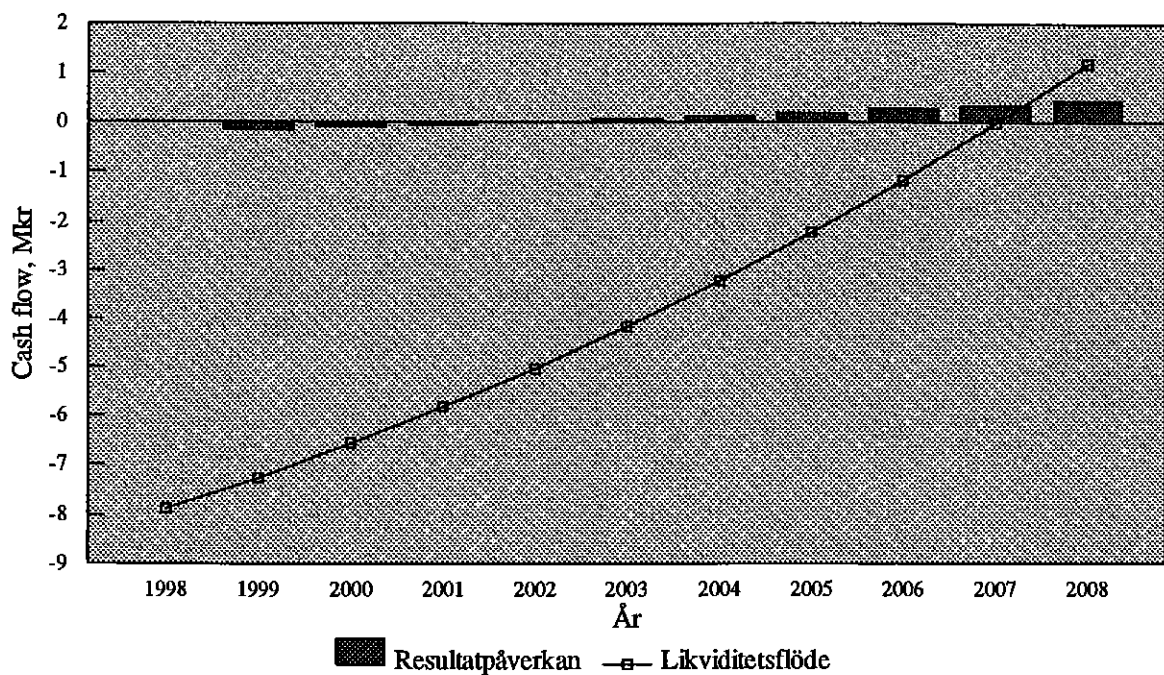
Intäkten från biogödseln baseras på ett kvävepris på 8 kr/kg kväve (räknat på enbart ammoniumkvävedelen i biogödseln). 50 % av biogödselns kväveinnehåll beräknas föreligga som ammoniumkväve enligt rötrestanalyserna på fast respektive flytande fas. Transporten av biogödseln från rötkammare till åker antages ske med lastbil som lastar 12 ton för den fasta fasen respektive traktor med tankvagn och slangspredare som lastar 12 m³ för den flytande fasen. Timkostnad, 300 kr/h och varje tur inklusive lastning beräknas ta 30 minuter för lastbil respektive 40 minuter för traktor. Fast material töms på exempelvis en gödselplatta och flytande fas sprids direkt på åkern. Kostnaden för spridning ingår ej.

9.6 Diskussion lönsamhetskalkyler

I bilaga 4 finns en sammanställning över de kostnader/intäkter som använts i lönsamhetsberäkningen. Den ekonomiska beräkningen görs med nuvärdesmetoden med följande ekonomiska parametrar:

Kalkylränta	6.0 %
Inflation	1.0 %
Avskrivningstid	10 år

I figur 11 redovisas resultatpåverkan och likviditetsflöde för en SoL-gasanläggning. Resultatpåverkan är positiv dvs intäkterna överstiger kostnaderna, år 4. År 10 är investeringskostnaden intjänad och likviditetsflödet är positivt.



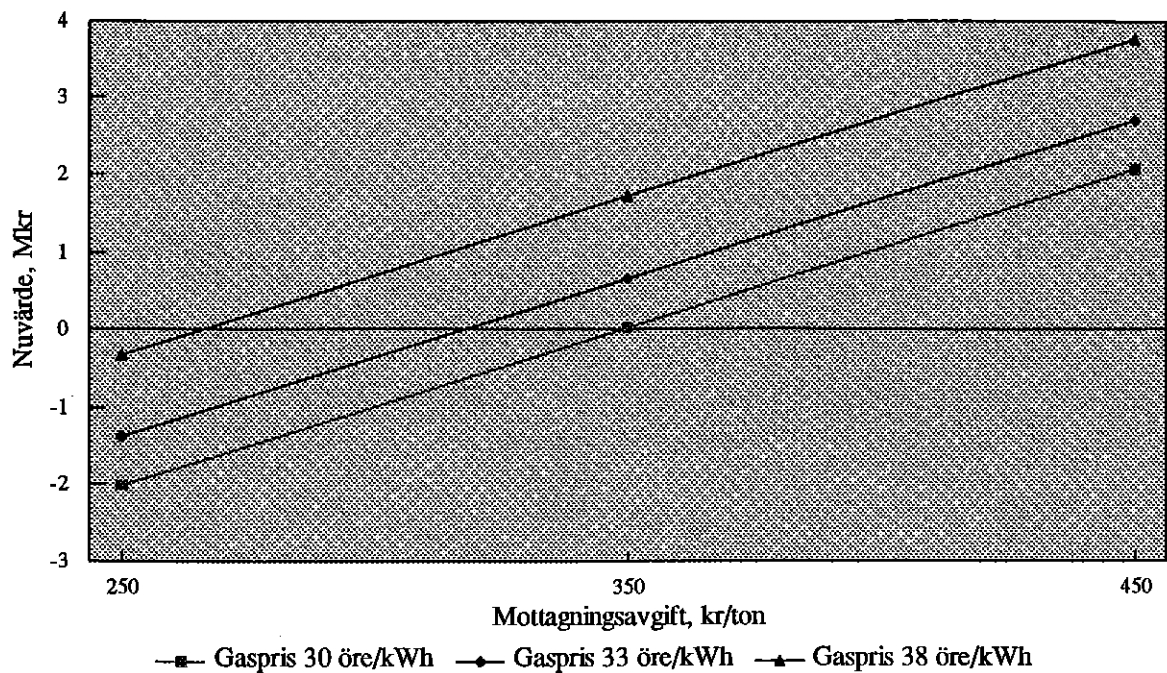
Figur 11. Resultatpåverkan och likviditetsflöde för SoL-gasanläggningen

De parametrar som framförallt påverkar det ekonomiska utfallet för en SoL-gasanläggning är:

- * Investeringskostnaden
- * Mottagningsavgiften för externslam
- * Gaspriset
- * Halmpriset

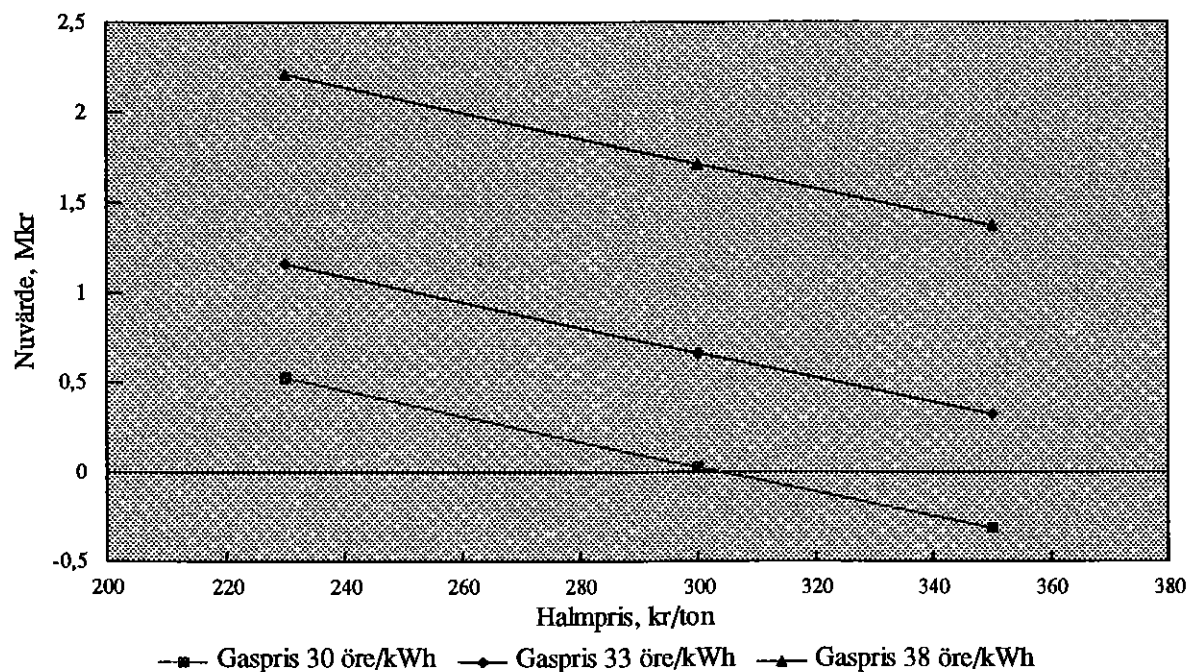
Olika beräkningsfall har därför gjorts där de fyra viktigaste ekonomiska faktorerna varieras, se figur 12, 13, och 14.

I figur 12 och 13 varieras mottagningsavgiften (250-450 kr/ton, halmpris (23-35 öre/kg) och gaspris (30-38 öre/kWh), vid investeringskostnaden 7.9 miljoner kronor som anläggningen är kostnadsberäknad till. I figur 14 visas effekten av en ökning respektive minskning med 10 % på investeringen, vid ett gaspris på 33 öre/kWh och ett halmpris på 30 öre/kg ts, vid tre olika mottagningsavgifter.



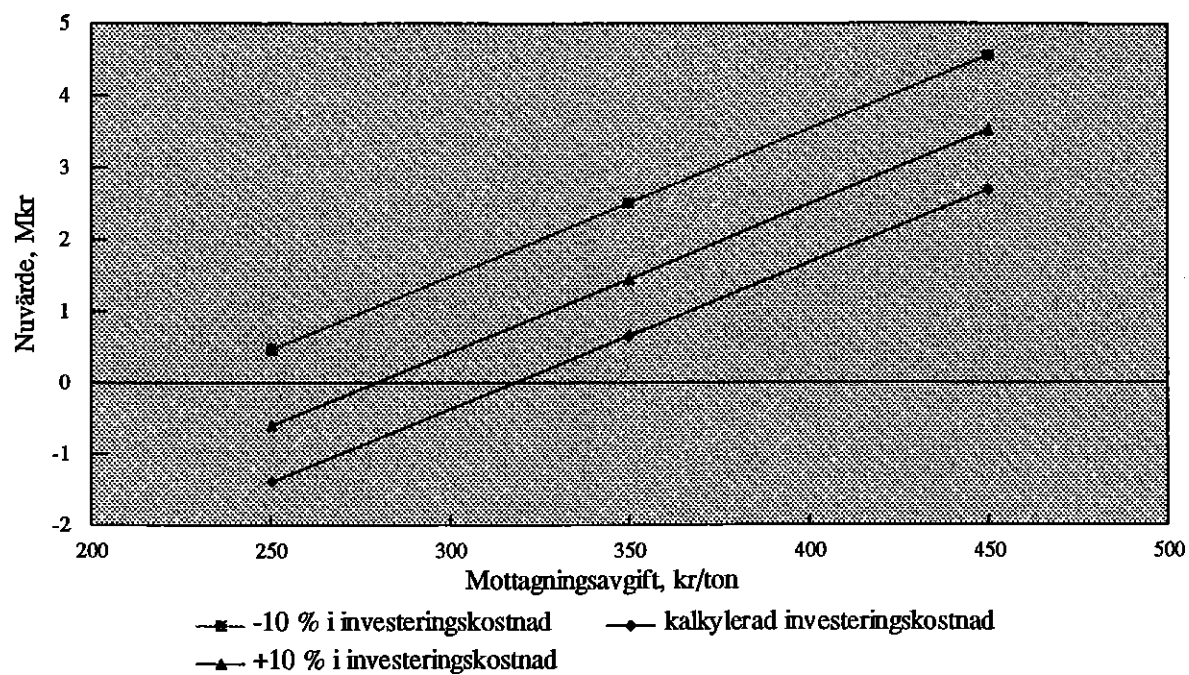
Förutsättningar: Investeringskostnad: 7.9 miljoner
Halmpris: 30 öre/kg

Figur 12. Nuvärdets beroende av mottagningsavgiften vid olika gaspriser.



Förutsättningar: Investeringskostnad: 7.9 miljoner kronor
Mottagningsavgift för externslam: 350 kr/ton

Figur 13. Nuvärdets beroende av halmpriset vid olika gaspriser.



Förutsättningar: Gaspris: 33 öre/kWh
Halmpris: 30 öre/kg

Figur 14. Nuvärdets beroende av investeringskostnaden vid olika mottagningsavgifter.

10. Slutsatser

Vätskespridningen, genomrinningen i halmen samt gastätheten med den PE-duk som installerades inför driftsäsong 2 har uppfyllt de ställda kraven. Däremot har inte temperaturen i rötkammaren kunnat hållas på en tillräcklig och jämn nivå, vilket har resulterat i en lägre gasproduktion än förväntat. Problem med vätskeläckage, vilket medförde att ingen vätska kunde cirkuleras under 25 % av rötningstiden, har också påverkat gasproduktionen negativt. Totalt uppnåddes 44 % av planerad gasproduktion under driftsäsong 2.

Odlingsförsöken med fast respektive flytande rötrest har gett goda skörderesultat. Med flytande fas som spreds dels vid sådd och dels en gång i växande gröda, blev skördeutbytet något högre än med mineralgödsel med samma kvävegiva. Den fasta fasen tillfördes med som mest halva kvävegivan jämfört med normal mineralgödselgiva men gav då ett högre skördeutbyte än för flytande fas med halv kvävegiva.

I laboratorieförsöken har en gasproduktion på 282 l CH₄/kg ts uppnåtts. I de inledande rötningförsöken som genomfördes när projektet startade 1993 uppnåddes en gasproduktion på 195 l CH₄/kg ts. Ökningen i gasproduktionen beror på en optimering av blandningen av aktuella råvaror (halm, svinggödsel, hästgödsel, tång och fettavskiljarslam) samt en anpassning av bakteriekulturen till den lägre rötningstemperaturen och till substratblandningen.

Analysen av miljökonsekvenserna med en SoL-gasanläggning visar att knappt 6 % av råvarornas energiinnehåll för biogasproduktion åtgår för transport och hantering i SoL-gassystemet samt att emissionerna av växthusgaser minskar med 95 %. Emissionerna av försurande ämnen ökar med 5 % för NO_x pga transporterna samt minskar med 45 % för SO₂. Kolväteemissionerna fördubblas pga transporterna av råvaror och biogödsel. Är alternativet till att använda halmen i en SoL-gasanläggning att elda halmen på fält kommer troligen en SoL-gasanläggning att totalt ge en minskning av kolväteemissioner.

Lönsamhetskalkylerna för en SoL-gasanläggning i fullskala (3,0 GWh) visar att de parametrar som har störst betydelse för det ekonomiska utfallet är investeringskostnad, mottagningsavgifter, gaspris och halmpris. Vid den beräknade investeringskostnaden på 7.9 miljoner kronor blir återbetalningstiden 10 år vid ett gaspris på 33 öre/kWh, en mottagningsavgift på 350 kr/ton samt ett halmpris på 30 öre/kg.

Referenser

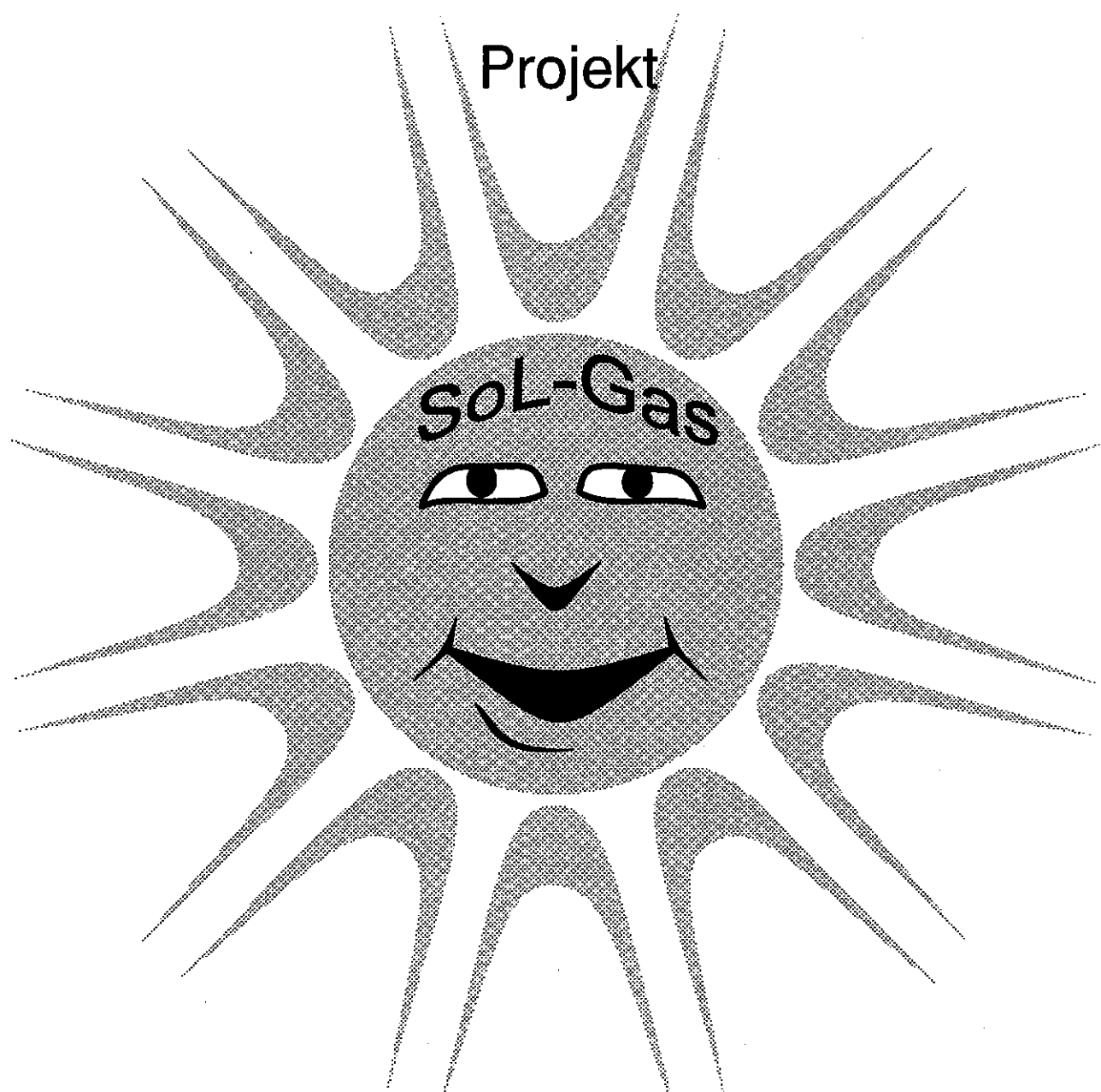
1. Biobränslen från skog och åker i Skåne
Sydkraft AB, Sydbränsle AB, ISSAB, BioMil AB, Skånska Lantmännen, 1997
2. Biogasproduktion ur halm vid psykrotrofa betingelser
M. Linné, Skånska Lantmännens forskningsstiftelse, 1994
3. Biogaspotential från organiska avfall i Sverige
M. Hagelberg, B. Mathisen, L. Thyselius, JTI-rapport 90, 1988
4. Energy Analysis of Biomass Production and Transportation
P. Börjesson, Biomass&Bioenergy, Vol 11, No.4, pp.305-318, 1996
5. Länsvis omhändertagande av slaktavfall och kadaver för utvinning av energi och växt-näring
A. Lindberg, JTI-rapport 1, 1995
6. Deponigasteknik - En sammanställning av teknik, erfarenheter och utveckling
S-E. Wiklund, Värmeforsk 499, 1994
7. BiogASFællesanlæg fra idé till realitet
Energistyrelsen, Köpenhamn, 1995
8. Utsläpp vid förbränning av olika bränslen
Flik 5.5, Miljöfakta, 1997
9. LCA-analys av spannmålsbaserad produktion av etanol för bussdrift i jämförelse med dieseldrift
M. Alemark, L-G. Lindfors, IVL, 1996
10. Rapporter från lantbrukets företagsregister 1995
Statistiska Centralbyrån, J 10 SM 9601
11. Rapporter från lantbrukets företagsregister
Statistiska Centralbyrån, J 20 SM 9601
12. Personlig kommunikation, Magnus Eriksson, 0411/240 76
13. Bioenergi nr 5, sid 20 , 1997
14. Hantering av hackad halm
Sven Stridsberg, Bioenergi från jordbruket, SLF Rapport 31, 1998
15. Personlig kommunikation, Karin Eken-Södergård, NSR,

BILAGA 1

BioMil AB

biogas, miljö och kretslopp

Projekt



TRELLEBORG

Etapp 2 Driftsäsong 96/97

Marita Linné
Lars Andersson
Anders Dahl

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 Inledning	2
2 Bakgrund.....	2
3 Målsättning.....	2
4 Projektuppläggning.....	3
5 Försök i pilotanläggning.....	3
5.1 Beskrivning av rötningsanläggningen.....	3
5.2 Ingående råvaror.....	5
5.3 Resultat	6
5.3.1 Beskrivning av rötningsssäsongens förlopp	6
5.3.2 Gasproduktion	7
5.3.3 COD och pH under rötningen.....	9
5.3.4 Rötrest.....	10
5.3.5 Ekonomiska bedömningar	11
6 Slutsatser.....	11
7 Förslag på förbättringar	11

1 Inledning

I föreliggande rapport redovisas den första driftsäsongen för en pilotanläggning inom projekt SoL-gas (Stad och Land). Rapporten omfattar försöksverksamheten i pilotanläggningen under driftsäsongen 96/97. EnerChem AB har varit totalentreprenörer och svarat för kompetensen avseende teknik och rötningsförfarande samt att projektet drivits mot uppställda mål.

Beställargruppen består av Kommunal Teknik Trelleborg, Sysav Utveckling AB och Sydkraft AB. Projektets finansiärer är Kommunal Teknik Trelleborg, Sysav Utveckling AB, Sydkraft AB, Stiftelsen Lantbruksforskning, Länsstyrelserna i Skåne, LRF i Skåne, Simrishamns Energi, Ystad Energi och Svenskt Gastekniskt Center.

2 Bakgrund

Trelleborgs kommun eftersträvar lägsta möjliga energikostnader med acceptabel miljöpåverkan. Ett sätt kan vara att öka användningen av lokala energiråvaror. Halm svarar för en betydande del av energipotentialen i det aktuella området. En utredning visar att det är svårt att få ekonomi i en anläggning som producerar el och värme ur halm via termisk förgasning vid de relativt små anläggningsstorlekar som är aktuella.

Förutom att användas vid förgasning och förbränning kan halm även användas som råmaterial för anaerob nedbrytning för produktion av biogas. EnerChem AB har sedan mitten av 80-talet, i varierande skala, arbetat med biogasutvinning ur halm. Skånska Lantmännen, Sydkraft och inledningsvis även STU har finansierat utvecklingsprojekten.

Halm med sin långsamma nedbrytning i anaerob miljö kan rötas i en sk biocell dvs typ rötning av hushållsavfall på deponi. Redan idag sker biogasutvinning på Trelleborgs deponi men efterhand som biogasproduktionen minskar från det gamla avfallet är det önskvärt att tillföra andra organiska material som kan producera biogas.

Fördelar med att använda halm för biogasproduktion är att även blöt halm kan användas, befintlig gasmotor kan utnyttjas, andra organiska restprodukter kan omhändertagas och rötresten kan användas som jordförbättringsmedel med bibehållet växtnäringssvärde inklusive kväveinnehåll.

Eftersom halm oftast har hög torrhalt krävs tillsats av stora mängder vätska för att uppnå lämpliga jäsningsbetingelser. Här kan ett organiskt belastat vatten som kräver ett biologiskt reningssteg omhändertagas. Andra restprodukter exempelvis tång kan också blandas in. För att få optimala betingelser för de metanproducerande bakterierna bör mindre mängder svingödsel tillsättas som näringssubstrat.

Används halmen för biogasproduktion fås ett naturligt kretslopp där rötresterna återförs till åkern. Om andra organiska restprodukter skall blandas med halmen får dessa inte innehålla några ämnen som förhindrar att rötresten används på åkermark.

3 Målsättning

Målsättningen med projektet SoL-gas är att visa på en lönsam metod att utvinna biogas ur halm via anaerob nedbrytning. Halmen skall utgöra huvudbeståndsdel och förutom att vara råvara för biogasproduktion verka som anaerobt filter och som kolkälla. Projektet strävar efter att uppnå lönsamhet genom att kombinera halmen med restprodukter som det idag är

5.2 Ingående råvaror

Halmbalar (Hesston) utgör huvudbeståndsdel för rötningen. Det anaeroba rötslammet från reningsverket har tillsatts för att förse rötammaren med metanproducerande bakterier. Svinflytgödsel har tillförts för att få lämplig kol/kväve och kol/fosfor-kvot.

Vid laddningen av rötammaren tillfördes de fasta materialen, halm, hästgödsel och tång. Huvuddelen av halmen (94 %) bestod av Hesstonbalar (2.4 m x 1.2 x 1.2 m), i fyra lager dvs till en höjd av 4.8 m och med ej klippta band. I mitten på rötammaren ersattes en del av balarna med hästgödsel och tång. Rötammaren fylldes slutligen med småbalar på toppen. Jämfört med den beräknade halmmängden som skulle rymmas per volymenhet enligt förstudien, så är mängden i pilotanläggningen ca 75 %.

De första två månaderna efter tillslutningen tillfördes huvuddelen av rötslammet och svinflytgödseln. Under driftsäsongen kompletterades med svingödsel samt fettavskiljarslam. I tabell 1 finns en sammanställning över de mängder som tillfördes rötammaren:

Tabell 1. Råvarumängder som tillförts rötammaren

Råvara	Mängd (ton)	TS-halt (%)	Mängd TS (ton)
Vetehalm	44	90	39.6
Hästgödsel	3	51.9	1.6
Tång	15	26.5	4.0
Svinflytgödsel	60	5-12	7.0
Rötslam	111	3.7-6.9	5.6
Fettavskiljarslam	9	2	0.2
Summa	242	24	58.0

I tabell 2 redovisas ingående råvarors innehåll av växtnäringsämnen och tungmetaller. Inget av de tillförda materialen visar på tungmetallhalter som överstiger de värden som gäller för att avloppsslam skall få användas för jordbruksändamål (SFS 1993:1271).

Tabell 2. Ingående råvarors innehåll av växtnäringsämnen och tungmetaller samt gränsvärde.

Analys	Enhet	Halm	Röt slam	Svin gödsel	Tång	Häst gödsel	Fettavskil jarslam	Gräns värde
pH		7.5	7.7	6.7	7.8	9.0	4.3	
Torrsubstans	%	90.7	4.35	12.0	26.5	51.9	2.16	
Askhalt	% av TS	5	46	21	74	8	13	
Ammoniumkväve	% av TS	0.011	1.6	0.083	0.038	0.019	0.46	
Totalkväve	% av TS	0.37	7.6	6.3	1.2	0.96	2.8	
Fosfor	% av TS	0.05	2.9	1.8	0.10	0.22	0.49	
Kalium	% av TS	1.0	0.28	1.2	0.20	2.3	0.40	
Bly	mg/kg TS	<5	28	<5	<5	<5	23	100
Kadmium	mg/kg TS	0.76	0.78	<0.05	1.2	<0.05	0.61	2
Koppar	mg/kg TS	<5	340	150	9.3	8.7	190	600
Krom	mg/kg TS	<2	14	5.3	3.7	<2	10	100
Kvicksilver	mg/kg TS	<0.06	0.81	<0.06	<0.06	<0.06	0.11	2.5
Nickel	mg/kg TS	5	19	8.6	8.6	<5	6.3	50
Zink	mg/kg TS	18	570	49	49	44	230	800

besvärligt att omhändertaga. Dock skall de restprodukter som tillförs inte innehålla ämnen som förhindrar halmens kretslopp tillbaka till odlingsmark.

4 Projektuppläggning

Förstudie - start 93 - visade på att genom att kombinera restprodukter från staden (dvs restprodukter som en biogasanläggning kan få intäkt för att ta emot) med restprodukter från lantbruket, kan kostnaden för gasproduktionen bli tillräckligt lågt.

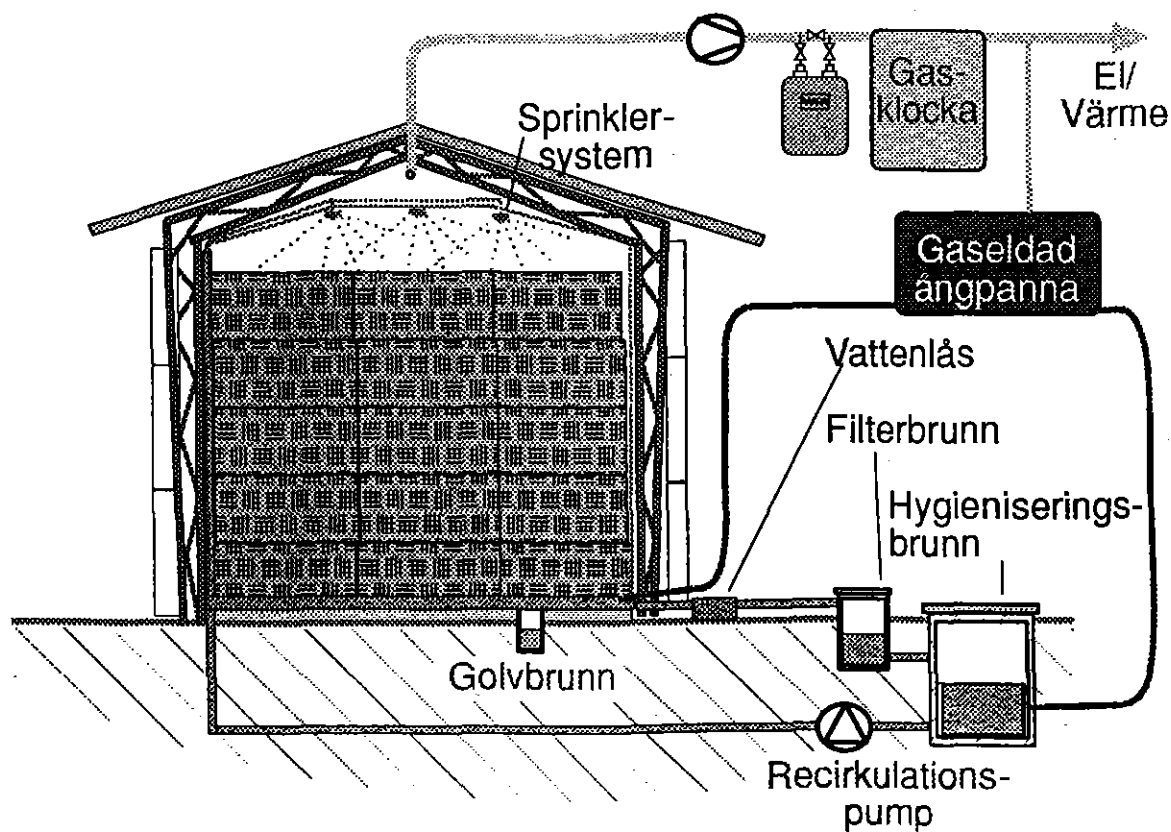
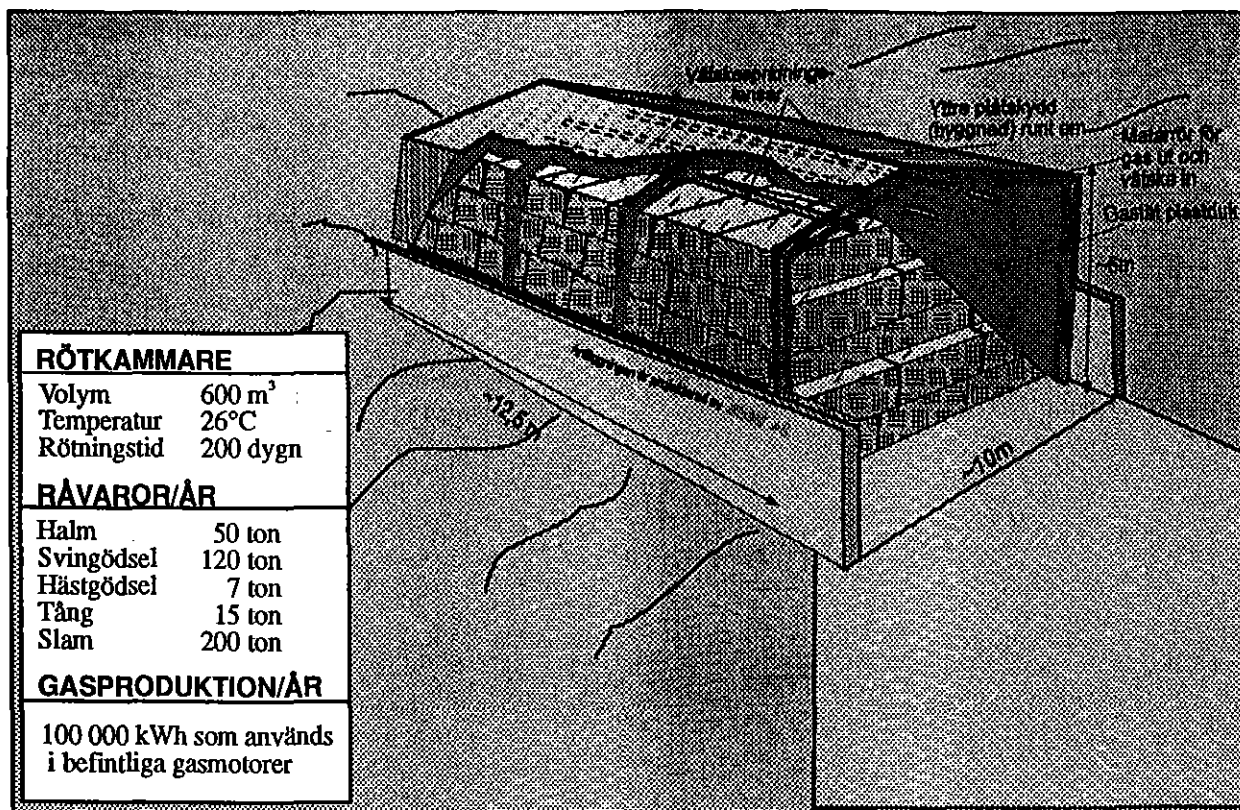
Kallförsök - start hösten 94- alla försök hittills i landet som har använt sk limpteknik har mer eller mindre misslyckats. Halm som har en helt annan stråstruktur kan vara möjlig att använda i en sådan metod. Försök hösten 94 hos Hushållningssällskapet på Borgeby visade att det går att få halmbalarna (sk Hesstonbalar) genomfuktade.

Försök i pilotanläggning - start aug 96- efter de lyckade genomrinningsförsöken på Borgeby går projektet nu vidare med en försöksanläggning. Målsättningen med försöksanläggningen är att demonstrera en komplett anläggning för biogasutvinning ur halm/energigräs och restprodukter från stad och land. Biogasproduktion, rötningstid, energibalans och rötrestens näringsinnehåll samt tekniska lösningar skall verifieras. Röttningsförfarandet sker satsvis dvs råvarorna tillförs rötkammaren under augusti/september och efter avslutad rötning töms rötkammaren under april. Detta medför att gasproduktionen sker under vintern när energibehovet är som störst samt att tillförsel av råvaror samt återföring av restprodukter är anpassad till lantbrukets produktion och behov av näring.

5 Försök i pilotanläggning

5.1 Beskrivning av röttningsanläggningen

Rötkammaren består av en gjuten behållare, med en gastät överbyggnad, se figur 1. Den gastäta duken försluts med ett blixtlås. Anläggningen är försedd med en inmatningsbrunn för mottagning och hygienisering av flytande avfall. Brunnen kan också användas för uppvärmning av recirkulerad lakvätska. Uppvärmning och hygienisering sker mha ånga. Rötkammaren kan även tillföras värme direkt via ett rörsystem för ånga. Ångan produceras i en biogaseldad ångpanna. Rötningen skall genomföras vid en temperatur på ca 26-28 °C (det sk psykrotrofa området). Lakvätska rinner till inmatningsbrunnen och pumpas därifrån till ett sprinklersystem som finns i toppen av rötkammaren. Producerad biogas tas ut i toppen på rötkammaren och trycks till reningsverkets gasklocka via gasfläkt och gasmätare. Den biogas som behövs för uppvärmning och hygienisering tas från gasklockan.



Figur 1. Försöksanläggning

5.3 Resultat

5.3.1 Beskrivning av rötningssäsongens förlopp

Under de första månaderna av rötningssäsongen förekom flera tekniska fel som resulterade i att först efter ca 200 dygn kan betingelserna för de anaeroba bakterierna anses acceptabla. De problem som förekom var följande:

- cirkulationspumpen bränd
- problem med igensättningar i utloppsroret
- problem med ångpannan
- läcka i svetsfog på duken

När dessa problem var lösta var gasproduktionen (se figur 2) stabil under ca 3 veckor (period 1 i figur 2). Därefter börjar metanhalten variera kraftigt mellan 20 och 40 % samtidigt som kvävehalten var hög ända upptill 60 % . Syrehalten var vanligen endast några procent, dvs det läcker in luft i rötkammaren vilket resulterar i en aerob nedbrytningsprocess. Så småningom detekterades ett läckage vid blixtlåset. I samband med reparation av läckan kontrollerades nedbrytning och spridning. Spridningen justerades så att även bakre delen av rötkammaren samt sidorna skulle täckas in bättre av spridningen. Ingen igensättning i spridarna konstaterades. Efter reparation av läckan samt tillförsel av svingödsel steg gasproduktionen och var stabil under senare delen av röttningsperioden (period 2 i figur 2) men gaskvaliten var fortfarande låg och varierande.

Energiförbrukningen i rötkammaren under denna driftsäsong har varit betydligt större än vad som bör vara fallet under en driftsäsong utan avbrott. Exempelvis var en del av den isolerade väggen bortmonterad under nästan en månad vid årsskiftet vilket fick till följd att temperaturen som lägst låg på 7 grader i rötkammaren. Räknat på planerad gasproduktion innebär detta att 37 % av den producerade energin skulle åtgå till uppvärmning av rötkammaren.

Enligt tidplanen (se bilaga 1) skulle rötningen avslutas i april månad, efter ca 200 dygn, och rötresterna återföras till lantbruket. Eftersom röttningsprocessen var kraftigt försenad beslöt dock projektgruppen att fortsätta driften fram till och med juli månad. Om möjligt skulle då rötresterna återföras till raps under augusti månad.

När rötkammaren öppnades konstaterades att

- den gastäta duken hade rämnat på flera ställen
- blixtlåset ej fungerade
- 6 av 10 munstycken var igensatta
- rörsystemet för ånguppvärmningen i rötkammaren hade lossnat, men fungerade hjälpligt
- endast i de centrala delarna av halmstukan var nedbrytningen tillfredställande, höjden på halmen hade här sänkts från 6 m till 1.5 m. De yttre halmbalarna i de två översta lagren var däremot nästan opåverkade.

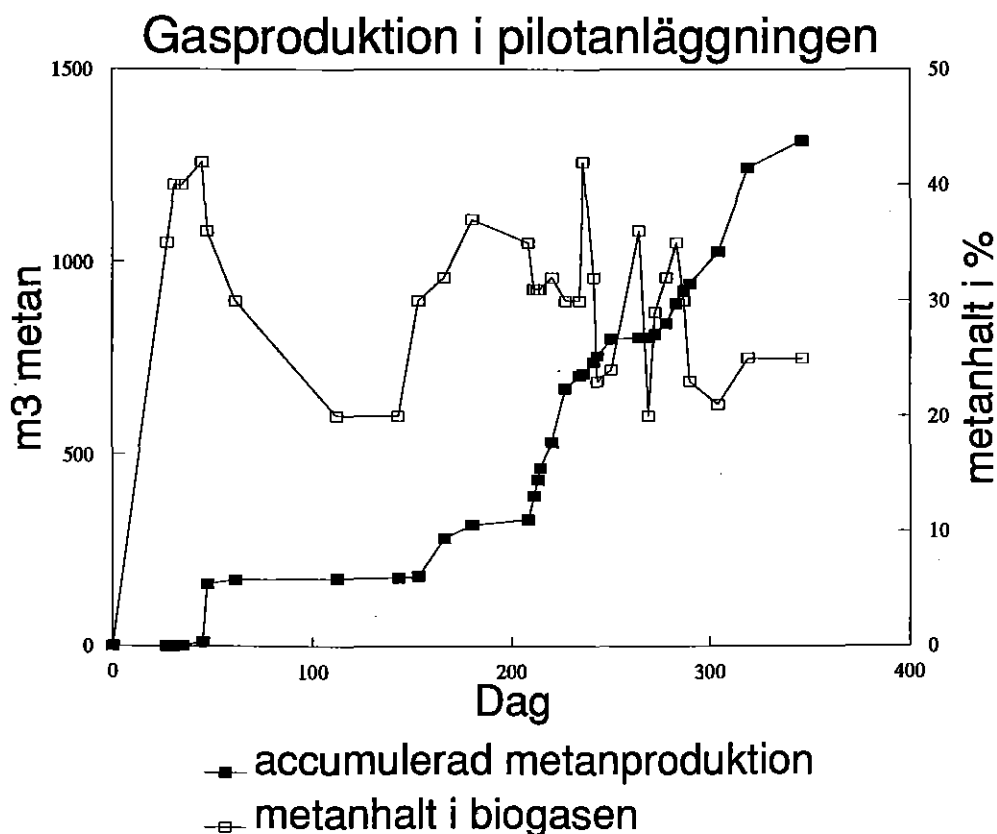
5.3.2 Gasproduktion

I figur 2 visas ackumulerad mängd metangas från röt-kammaren samt metanhalten som en funktion av rötningstiden. I figur 3 visas exempel på gassammansättningen under period 1 samt vid driftsförhållande med luftläckage.

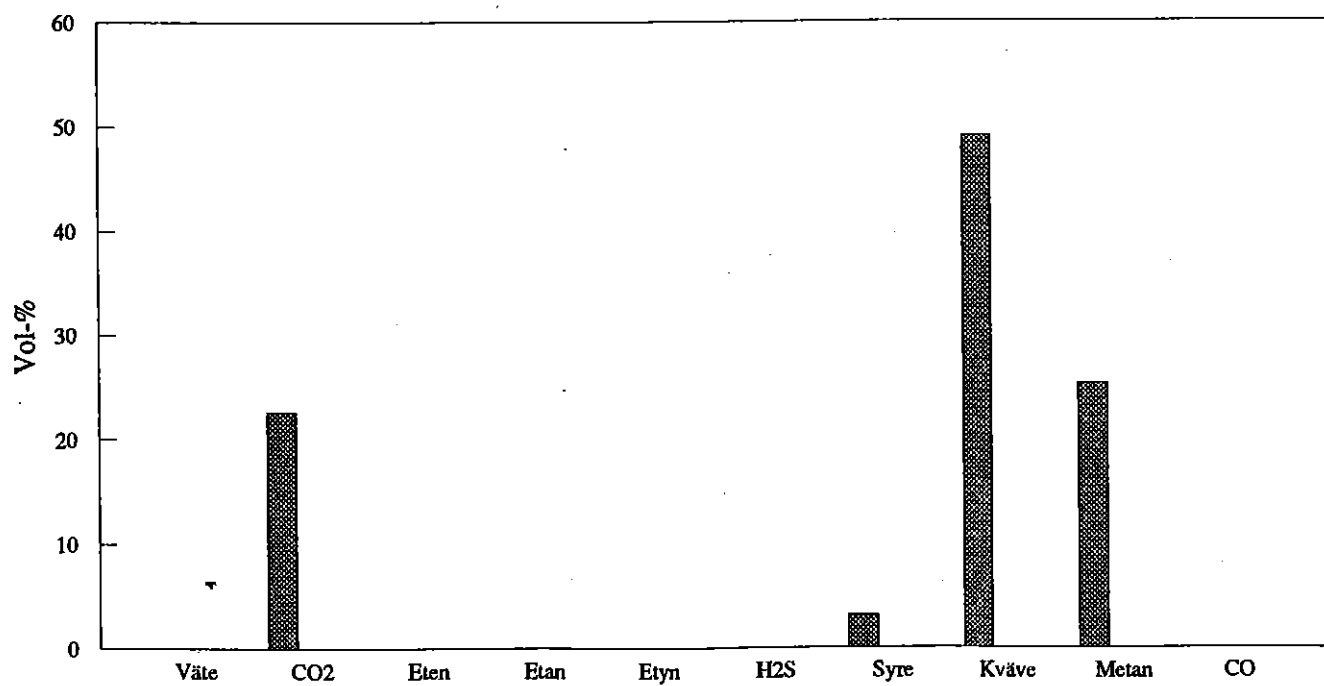
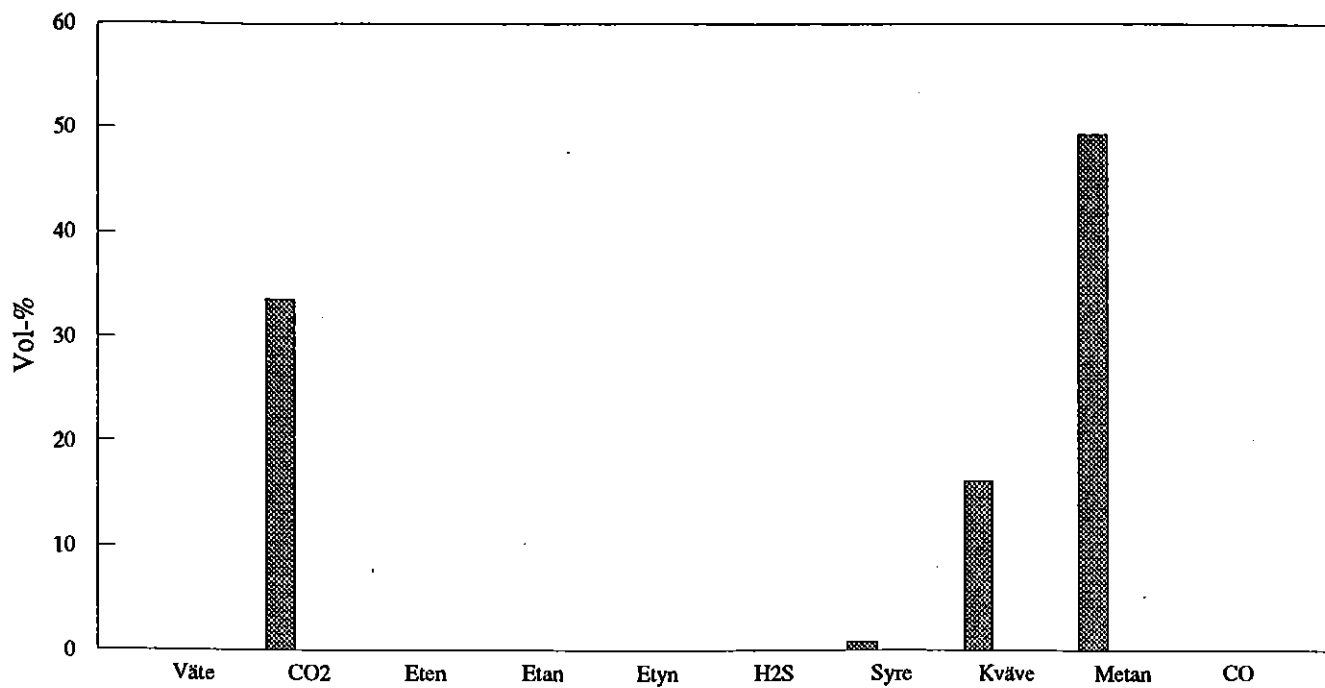
Total metanproduktion från röt-kammaren blev 1315 m³. Med en total mängd material i röt-kammaren på 52.4 ton ts (exkl röt-slammet) motsvarar detta en gasproduktion på 25.1 l CH₄/kg ts. Enligt försöken i laboratorieskala som ligger till grund för förstudien uppnåddes en metangasproduktion på 165 l CH₄/kg ts dvs endast 15 % av gasproduktionen har uppnåtts.

Om gasproduktionen korrigeras för att en del av halmen varit inaktiv (totalt 42 av 86 Hesston-balar) så blir gasproduktionen 38 l CH₄/kg ts, vilket motsvarar 23 % av den planerade gasproduktionen.

Under period 1 (se figur 1) uppnåddes de jämförelsevis mest stabila driftsförhållandena. Under denna period tillfördes inga flytande råvaror. *Om* motsvarande gasproduktionshastighet som uppnåddes under denna period hade producerats under 200 dygn hade 63 % av planerad gasproduktion uppnåtts räknat på bedömd aktiv halm.



Figur 2. Metangasproduktion och metanhalt under rötningssäsongen.

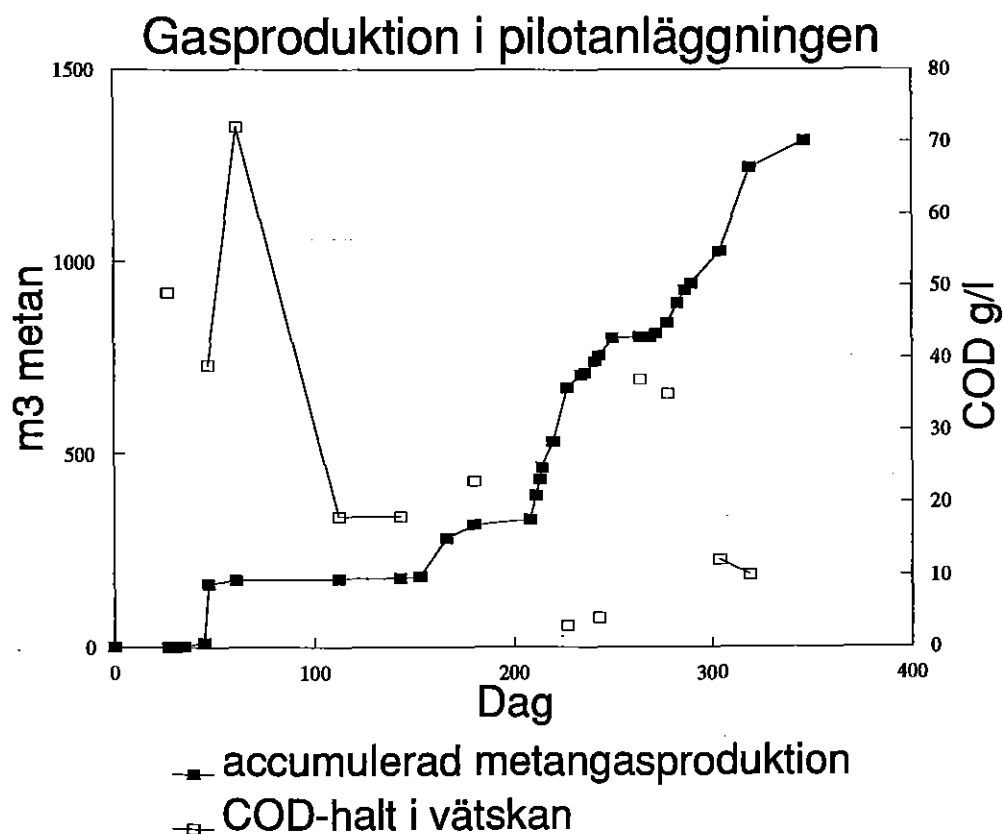


Figur 3 . Gassammansättningen vid olika driftsförhållanden

5.3.3 COD och pH under rötningen

I figur 4 visas COD-halt (Chemical Oxygen Demand) i den recirkulerade vätskan. Inledningsvis var COD-halterna höga, upptill 70 g COD/l, pga tillförsel av svinflytgödsel. Därefter sjönk COD-värdena ner till som lägst 3 g/l, vilket visar att halten organiska syror är låg. Antingen är då utlakningen ur halmen låg eller så omsätts syrorna effektivt i halmen. Vid tillförsel av svingödsel under driftsäsongen ökar COD-halten till 36 g/l för att sedan sjunka ner till 10 g/l.

pH-värdet på den cirkulerade vätskan startade på 7.0 och steg sedan upptill 7.6-7.9, vilket har varit de normala värden under hela rötsäsongen. Påfyllning av svingödsel under driftsäsongen har resulterat i en tillfällig sänkning av pH till strax över 7. Inom en vecka har pH åter stigit till normalvärden.



Figur 4. COD-halten och metangasproduktionen under rötningssäsongen

5.3.4 Rötrest

I tabell 3 redovisas analysen på rötrest som tagits ur det mest nedbrutna området i mitten på rötammaren samt analysen på den flytande fasen.

Tabell 3. Rötrestanalyser

Analys	Enhet	Gränsvärde	Fast rötrest	Flytande rötrest
Torrsubstans	%		27.9	4.21
Askhalt	% av TS		54	37
Kalium	% av TS		0.89	5.0
Fosfor	% av TS		1.8	3.3
Totalkväve	% av TS		2.2	4.5
Ammoniumkväve	mg/kg TS		2 300	17 500
Nitratkväve	mg/kg TS		18	< 1
Bly	mg/kg TS	100	17	18
Kadmium	mg/kg TS	2	0.78	0.69
Koppar	mg/kg TS	600	210	230
Krom	mg/kg TS	100	7.9	9.7
Kviksilver	mg/kg TS	2.5	0.30	0.47
Nickel	mg/kg TS	50	8.3	9.4
Zink	mg/kg TS	800	560	610

Konstateras kan att rötresterna inte har några tungmetallhalter som överskrider de tillåtna värdena som gäller för att avloppsslam för jordbruksändamål skall få saluhållas och överlåtas. Kvoten Cd/P är i den fasta rötresten 40 g/ton och i den flytande rötresten 20 g/ton.

I tabell 4 görs en jämförelse med fastgödsel från nöt respektive svinflytgödsel avseende näringsvärde räknat per ton spridd vara. Andelen ammoniumkväve är för både den fasta och flytande rötresten lägre än för gödselslagen vilket troligen kan förklaras med dålig nedbrytningsgrad och därmed ej tillräcklig omvandling till ammoniumkväve.

Pga av väderförhållandena under augusti kunde inte den lantbrukare som skulle ta emot rötresten för odlingsförsök i raps, så någon raps. Att använda rötresten i höstsådden av vete ansågs efter diskussion med försöksledarna på Hushållningssällskapet ej vara relevant med tanke på risken för kväveläckage under vintern. Delar av rötresten har i stället använts inom parkförvaltningen i Trelleborg.

Tabell 4. Jämförelse av näringsvärde hos rötresterna olika typer av gödsel.

Analys		Fast rötrest	Flytande rötrest	Fastgödsel nöt medel 32 analyser ¹	Svinflytgödsel medel 150 analyser ¹
Torrsubstanshalt	%	27.9	4.21	18,5	6,9
Totalkväve	kg/ton	6.1	1.9	5,4	5,3
Ammoniumkväve	kg/ton	0.6	0.7	1,3	3,5
Andel NH ₄ -N	%	10	39	24	66
Fosfor	kg/ton	5.0	1.4	1,5	1,4
Kalium	kg/ton	2.5	2.1	4,6	2,2

1/ Källa. Hushållningssällskapet Malmöhus

5.3.5 Ekonomiska bedömningar

Viktiga parametrar i den ekonomiska bedömningen som gjordes i förstudien (1994) är

- investeringskostnad
- gasproduktion som beror dels på utbytet per ton tillförd råvara och de mängder av råvaror som rymms i rötammaren
- mottagningsavgifter för exempelvis fettavskiljarslam
- nettoenergiutbyte
- värdet på restprodukten.

En förnyad ekonomisk bedömning skall göras först efter driftsäsong 2. Några säkra slutsatser kan inte dras från etapp 1. Noteras kan att i pilotanläggningen har något mindre mängder halm kunnat lastas in vilket minskar gasproduktionen, men det beror huvudsakligen på randeffekterna som uppkommer i en mindre rötammare. Den kommande avfallsskatten kan gynna kalkylen i form av ökade intäkter på mottagningssidan.

6 Slutsatser

Den otillräckliga hållbarheten på den gastäta duken har haft en avgörande betydelse för att gasproduktionen i rötammaren endast har blivit 15 % av den beräknade. Betingelserna för de anaeroba bakterierna har hela tiden varit ogynnsamma pga luftläckage.

Randeffekterna i pilotanläggningen har varit stora beroende på dålig spridning av recirkulerad vätska i ytterområdena och otillräcklig isolering.

Görs en bedömning av gasproduktionen utifrån uppskattad aktiv mängd halm samt vid en extrapolering av gasproduktionen under de bästa veckorna skulle den motsvara 63 % av beräknad gasproduktion.

I mittsektionen av halmstukan noteras ingen kanalbildning utan hela halmmassan har rötats vilket har inneburit en minskning av höjden från 6 m till 1.5 m.

I den flytande rötresten var totalkvävehalten 1.9 kg/ton varav 39 % förelåg som ammoniumkväve. Tungmetallhalterna i rötresten låg på alla värden med god marginal under gällande gränsvärden för spridning på åkermark. Efter denna första rötningssäsong är det oklart hur rötrestens fysikaliska egenskaper kommer att kunna bli och därmed vilken tömnings- och spridningsteknik som kan användas för rötresten.

7 Förslag på förbättringar

Inför den andra försöksomgången föreslås följande förbättringar

- Befintlig PVC-duk byts till PE-duk. Erfarenhet från andra biogasprojekt där PE-duk används visar på större tålighet mot yttre och inre påverkan. Vid kompletterande arbeten eller vid eventuella reparationer av PE-duken, blir kostnaderna mindre för arbete och material. Dessutom behöver processen ej avbrytas.
- Befintligt sprinklersystem placeras ovanpå den nya PE-duken. Detta ger flera fördelar, antalet sprinklers är ej maximerat utan kan modifieras under driften och en eventuell rensning kan göras utan att avbryta driften.

- Ångsystemet återställs men fästs i betong antingen i vägg eller i golv.
- Temperaturgivarna förses med skyddshylsa för att undvika att de skadas vid sättningar i halmen.
- Nedre delen av byggnaden isoleras med samma material som övriga byggnaden i stället för som tidigare med halm.
- Vaggsektionen som öppnas vid inspektioner, delas mitt itu så att två dörrar erhålles vilket avsevärt förenklar inspektionerna.
- Ett schema framtages för laddning av stukan, där riskerna för sättningar av halmen ut mot väggarna minimeras.
- PE-duken förses med fönster för att möjliggöra inspektion under drift.

BILAGA 2

FÄLT KORT för jordbruksförsök

Försöksseriens benämning Gödsling med rötrest i vårkorn		Skördeår 1998	Plan nr Bio3-1001	Jbr-omr 1a	Län M	Försök nr 935/98
Försöksvärd (Texta) Olof Rempe		Gård eller by Gylle gård		Postadress Trelleborg		

Led	Växtnäring	Mängd
A	Obehandlat	Obehandlat
B	Mineralgödsel	1/1, som lantbrukaren eller enligt gängse praxis
C	SoLgas rötrest, fast fraktion	¼, motsvarande ¼ mängd kväve som i led B
D	SoLgas rötrest, fast fraktion	½, motsvarande ½ mängd kväve som i led B
E	SoLgas rötrest, flytande fraktion	½, motsvarande halv mängd kväve som i led B
F	SoLgas rötrest, flytande fraktion	2 x ½, motsvarande ½ mängd kväve som i led B, före sådd och när vårkornet är ca 10 cm med släpslangar.

F D C
E B A
D F B
C A E
B E D
A C F

Gödselgivor:
 B. 80 kg N/ha i N28 före sådd.
 C. 30 ton/ha före sådd
 D. 60 ton/ha före sådd
 E. 56 m³/ha före sådd.
 F. 56 m³/ha före sådd + 56 m³/ha 10/6

Försöksfältet är beläget ca 400 meter i SV riktning från Gylle gård		Norrstreck	Plöjningsriktning	Skifte nr
Bruttoruta	14 x 6 = 84 m ²	Skörderuta	9,0 x 2,22 = 20 m ²	

Uppgifter som skall ifyllas:	Åtgärder som skall göras:
Gröda: Korn Sort: Alexis	Jordprov enl linjekarteringspaket 6, ev mineralanalys i vissa
Förfrukt: Sockerbeter	försöksled om stor utslag i försöket:
Sådatum: 1/5 Utsädesm: 190	Ogräsbekämpning: Se PM
Skörd: 5/9	Vid behov svamp- o skadedjurs bek:
Gödsling enl plan: 80 kg N/ha	Fytotoxiska effekter:
B-F 31/3 F 10/6	Stråstyrka: Alla = 100
Radavstånd, cm: 12	Skördeprov: 5/9 Ledvis
	Generalprov, 1000,0 g netto per försöksled. Skickas till:
	Cereallab, Jvalöv
	Analys enligt analyslista.

Kontaktman Lars Wiik 046/706040/102, 0708/161050	För försökets utförande ansvarig person Göran Tollmar 0411/532260	Telefon 0708/161060
---	--	------------------------

NR	LED	RÄSKÖRD	VATTENHA	REN VARA
1	A	7.49	15.6	7.44
2	B	10.24	14.5	10.30
3	C	10.01	15.3	9.97
4	D	9.93	15.2	9.91
5	E	10.57	14.7	10.61
6	F	10.88	14.7	10.92
7	C	8.39	15.9	8.30
8	E	9.35	15.7	9.27
9	A	7.98	15.8	7.90
10	F	11.12	14.5	11.19
11	B	10.71	14.4	10.79
12	D	10.18	14.8	10.20
13	F	10.10	14.7	10.14
14	D	9.20	15.6	9.14
15	E	8.89	15.5	8.84
16	B	9.77	14.7	9.80
17	A	7.87	15.0	7.87
18	C	8.84	15.4	8.80
.	A***	38.90	77.33	38.68
.	B***	51.20	72.67	51.48
.	C***	45.40	77.67	45.12
.	D***	48.85	76.00	48.75
.	E***	48.02	76.50	47.87
.	F***	53.50	73.17	53.75

BILAGA 3



BILAGA 4

Kostnad/intäkt för råvaror

	Råvaror ton	Pris kr/ton	Kostnad/intäkt kr
Halm	900	300	-270000
Hästgödsel	495		0
Tång	1125		0
Fettavskiljarslam	2640	350	924000
Svinggödsel	2439	50	-123059

Kostnad/intäkt för biogödsel

näringsvärde		11	83960
transport fast	5860	13	-76180
transport flytande	1937	18	-35218

	öre/kWh	
Gasintäkt	33	900900

Drift och underhållskostnader

Tömning/laddning	-172800
Driftskostnad (0,25 tjänst +10 000 i el)	-85000
Underhåll (0,5 % på investeringen)	-40000
Summa kostnader	-802257
Summa intäkter	1908860