

Slutrapport för projekt

Effektivare biogasproduktion med hjälp av självseparerande gödsel?

Projekt nr: V1340004

Författare

Knut-Håkan Jepsson, Sveriges Lantbruksuniversitet

Sara B Nilsson, Hushållningssällskapet Halland

Rebecka Asplund, Växa Sverige.

Bakgrund

Biogasproduktion med flytgödsel

Stallgödsel är ett viktigt substrat för biogasproduktion på såväl gårdsnivå som på centrala anläggningar. Gödsel är allsidigt sammansatt och innehåller viktiga näringsämnen och mineraler för rötningsprocessen. Den vanligast förekommande formen av stallgödsel är flytgödsel. Flytgödsel har låg TS-halt och djuren har redan omsatt delar av det organiska materialet. Nötgödsel har ofta lite lägre gasutbyte än grisgödsel eftersom den har brutits ned anaerobt i vommen. Biogasutbytet från grisgödsel är ca 26 Nm³/ton (våt vikt) och från nötflytgödsel ca 22 Nm³/ ton (våt vikt) vilket kan jämföras med animaliska slaktrester, ca 97 Nm³/ton (våt vikt), och källsorterat matavfall från hushåll, ca 204 Nm³/ton (våt vikt). Det organiska innehållet i gödsel är ca 80% av TS (Carlsson & Uldal, 2009).

Gödsel i flytgödselbehållare har låg TS-halt eftersom gödseln kommer från gödselhanteringssystem där man använder små mängder strömedel. Nötkreatur producerar träck och urin med en TS-halt kring ca 8-13% beroende av foderstat (Steineck m. fl., 1991). Slaktgrisar utfodrade med torrfoder och fri tillgång på vatten producerar träck och urin med ca 9-10 % TS-halt medan slaktgrisar som blötutfodras producerar träck och urin som har TS-halt kring 4-7% (Steineck m. fl., 1991). Förutom vätska i träck och urin utspädes gödseln i behållaren med tvättvatten, diskvatten, spillvatten samt eventuellt regnvatten. För att flytgödseln skall vara pumpbar krävs att TS-halten är lägre än 12% (Jordbruksverket, 2013).

Ett problem med flytgödsel som biogasråvara är alltså att den innehåller mycket vatten. Vattnet medför transportkostnader om gödseln ska köras från olika lantbruk till en central biogasanläggning. Vidare går det åt energi för att värma upp vattnet i biogasanläggningen samtidigt som vattnet tar plats i reaktor utan att det genererar någon metan. Den höga vattenhalten i gödseln kan således vara ett problem då det har en negativ inverkan på biogasanläggningens ekonomi.

Separering av flytgödsel

Separering av flytgödsel är en metod för att ta bort en del vatten från gödseln och på så sätt få en fraktion med mer organiskt material (VS) och högre metanpotential per volymsenhet. Genom att separera gödsel kan man få fraktioner som ger 2,6-3,5 gånger mer metan per volymsenhet gödsel för slaktgris. Motsvarande värde för suggödsel är 5-6,6 gånger mer metan per volymsenhet än från oseparatorad gödsel (Møller, Sommer och Ahring, 2004). Användning av en gödselseparator är

kostsamt både vad gäller investering och drift (Frandsen, m fl 2011). Att använda sig av gödselns självseparerande förmåga genom sedimentering kan därför vara ett intressant alternativ.

I samband med lagring av flytgödsel skiftar den sig naturligt i olika faser: svämtäcke, en tunnare fas i mitten av behållaren samt ett bottensediment. Olika gödselslag är olika benägna att sedimentera. I flytgödselbehållare för nötkreatur och suggor bildas efter hand både bottensediment och svämtäcke av osmält foder, foderrester och strömedel (Steineck m. fl., 1991). Även i flytgödselbehållare för slaktgrisar bildas bottensediment men oftast endast små ansamlingar av fast material på ytan (Karlsson, 1996). Flytgödsel från nötkreatur sedimenterar inte lika snabbt som flygödsel från gris (Steineck m. fl., 1991). Svämtäcke i gödseln kan bildas på olika sätt. Ett svämtäcke på en tunn gödsel bildas genom att organiskt material flyter upp till ytan. Ett svämtäcke på en gödsel med hög TS kan även bildas genom att gödseln i ytan torkar och bildar en skorpa (Wood, 2013).

I Danmark har forskare undersökt självseparering av flytgödsel från gris genom att mäta hur gödseln separerat i 1,9 m höga plexiglasrör (Sommer & Hansen, 2005) med innerdiametern 7,5 cm. TS-halten var 2,6% i gödseln före separering och efter 10 månaders lagring hade det bildas 0,5 m bottensediment med TS-halt mellan 10-15%. Bottensedimentet motsvarade ca 25% av behållarvolymen men det innehöll ca 85% av det organiska materialet (VS). I en kinesisk studie, av Deng m.fl. (2012), där flytgödsel från grisar självseparerade i 2,45 m höga plexiglasrör med innerdiametern 15 cm, utgjorde bottensedimentet ca 20% av volymen men hade 60% av biogaspotentialen. Flygödsel från gris började separera redan efter 3 timmar (Deng m. fl., 2014). Genom att endast hämta bottensedimentet skulle därmed transportkostnaderna av gödsel och rötresten kunna minska samtidigt som metanutbytet per volymsenhet av reaktorn skulle öka.

Självseparering i flytgödselbehållaren påverkar även fördelningen av näringsämnen. Svämtäcke och bottensediment får högre koncentration av fosfor (P) och organiskt kväve. Kalium (K) och ammoniumkväve är vattenlösligt och förblir relativt jämnt fördelat i flytgödselbehållaren (Sommer och Hansen, 2005).

Det finns alltså flera studier som pekar på att separering av gödsel med hjälp av sedimentering kan vara intressant i samband med biogasproduktion men även med tanke på växtnäringsinnehåll. Följande utvecklingsprojekt genomfördes för att studera hur flytgödsel från nötkreatur och grisar separerar i flytgödselbehållare under svenska förhållanden, d v s med svenska foderstater, strömmängder och gödselhanteringssystem, med avseende på metangasproduktion och växtnäringsämnen.

Material och metoder

Försöket genomfördes i två flytgödselbehållare för mjölkproduktion, en behållare för integrerad grisproduktion och en för slaktgrisproduktion. Tre behållare var 4 m djupa och den fjärde var 3 m djup. Alla behållare var placerade i södra Halland. Innan gödselbehållarna fylldes med gödsel kontrollerades om de innehöll något material som exempelvis bottensediment. Provtagningarna genomfördes i mitten av januari 2014 då gödseln stått orörd i behållarna i minst sex veckor.

Gödselprover togs på tre platser och på tre djup i gödselbehållarna. I tre gödselbehållare hade det bildats svämtäcke som var fruset. För varje provplats hackade vi hål på svämtäcket med en trädgårdsspade och lade materialet tillbaks i gödselvaken. Därefter togs gödselprover på tre olika djup: 10-15 cm från ytan, ca 240 cm från ytan och 10-15 cm från botten, för analys av

metanproduktion och växtnäringsämnen. Den fjärde gödselbehållaren saknade svämtäcke. Den behållaren var endast 3 meter djup och mittenprovet togs på ca 150 cm djup. För att samla proverna användes en cylinder med lock som kunde öppnas på önskat djup (Figur 1). Cylindern fick fyllas ett flertal gånger innan tillräcklig mängd gödsel erhöles för både provrötning och växtnäringsanalys. Proverna från samma nivå slogs ihop till ett samlingsprov. För att mäta svämtäckets djup samt eventuellt bottensediment användes en sedimentmätare, tidigare använd för att mäta sedimentdjup i våtmarker (Figur 2). Prover togs också efter omrörning av flytgödseln.



Figur 1. Cylinder för provtagning av gödsel på olika djup i gödselbehållare.



Figur 2. Utrustning för mätning av sedimentdjup i gödselbehållare eller våtmarker.

Metanproduktionen analyserades av Biomil AB i Lund och växtnäringsinnehållet av Agrilab i Uppsala. Efter provtagningen omrördes en av flytgödselbehållarna med gödsel från mjölkproduktion samt en flytgödselbehållare med gödsel från integrerad grisproduktion och prover togs för både analys av metanproduktion och växtnäringsämnen.

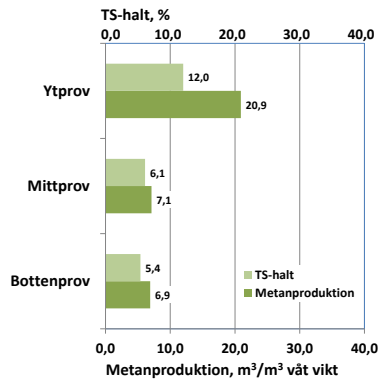
Gödselproverna som skulle rötas för bestämning av metanproduktion, transporterades direkt ned till Biomil AB i Lund och placerades i kylrum. Utröttningsförsöket utfördes satsvis och påbörjades dagen efter. Som ymp användes rötrest från samröttningsanläggningen Laholms biogas AB. Provrötningen genomfördes under 54 dagar i 37 grader. Provflaskorna som användes vid rötningen rymde ca 1 liter gödsel. Analys av TS-halt och glödförlust (VS) gjordes av Eurofins.

Delar av gödselproverna analyserades även för deras innehåll av växtnäring. Proverna förvarades svalt ca ett dygn innan de skickades för analys till Agrilab i Uppsala. Innehållet av totalkväve, organiskt kväve, ammoniumkväve, totalkol, C/N-kvot, fosfor (P) samt kalium (K) analyserades.

Resultat

Svämtäcket på gödseln i de två nötflytgödselbehållarna var tjockt, 20-30 cm respektive 60-70 cm. I övrigt hade gödseln inte skiktat sig och något bottensediment hade inte bildats. TS-halten i ytprovet

(svämtäcket inblandat) var ca 12%. Gödselproverna i mitten och botten av flytgödselbehållarna hade ungefär samma TS-halt, ca 5-6%. Metanproduktionen följde samma mönster som TS-halten och var ca tre gånger högre för ytprovet (ca 21 m³/ton våt vikt) än för proverna i mitten och botten (ca 7 m³/m³ våt vikt) (Figur 3). Det organiska innehållet (glödförlust, %VS av TS) i ytprovet var ca 90% jämfört med ca 80% för proverna i mitten och botten av gödselbehållarna (Tabell 1).



Figur 3. Fördelning av TS-halt och metanproduktion i flytgödsel från mjölkproduktion som sedimenterat i minst 6 veckor.

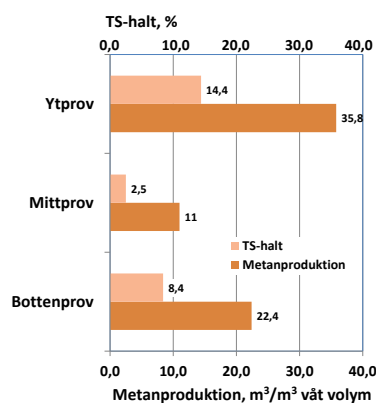
Även växtnäringen hade omfördelats på grund av sedimenteringen (Tabell 1). Ytprovet innehöll mer organiskt kväve och mindre ammoniumkväve än provet i botten och mitten av behållaren. Halten fosfor i ytprovet var högre än i övriga prov och halten kalium i ytprovet var lägre än i övriga prov i flytgödselbehållaren. I ytprovet var även halten totalkol högre och därmed även C/N-kvoten.

Tabell 1. Analysresultat på självseparerad flytgödsel från mjölkproduktion som sedimenterat i minst 6 veckor

Analys	Provplats			Omrörd
	Botten	Mitten	Ytan	
Metanproduktion (m ³ /m ³ vv)	6,9	7,1	20,9	12,5
Torrsubstans, TS (%)	5,4	6,1	12,0	6,2
Totalkväve (kg/ton)	3,4	3,5	3,8	3,9
Organiskt kväve (kg/ton)	1,3	1,5	3,1	1,6
Ammoniumkväve (kg/ton)	2,1	2,0	0,7	2,3
Totalkol (kg/ton)	25,3	28,7	60,5	29,5
C/N-kvot	7,4	8,1	16,1	7,6
Glödförlust (VS) (% av TS)	78,6	78,2	90,8	80,6
Totalt fosfor (kg/ton)	0,53	0,55	0,95	0,60
Totalt kalium (kg/ton)	3,37	3,53	1,71	3,08

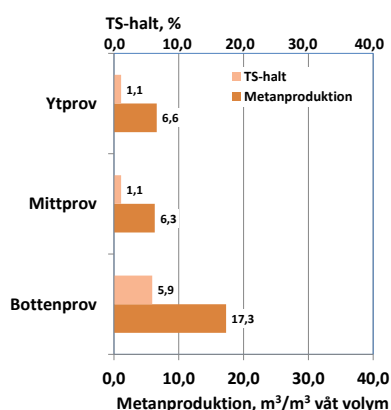
Självseparering av flytgödsel från grisproduktion

Grisgödseln sedimenterade mer effektivt än nötgödseln. Flytgödseln från integrerad grisproduktion hade både svämtäcke och bottensediment. Tjockleken på svämtäcket var ca 75 cm och på bottensedimentet ca 15-20 cm. TS-halten i ytprovet var ca 14%, i bottenprovet ca 8% och i mittprovet ca 2% (Figur 4). Metanpotentialen var också högst från ytprovet (ca 35 m³/m³ våt vikt) och lägst från mittprovet (ca 11 m³/m³ våt vikt). Det organiska innehållet (glödförlust, %VS av TS) var ca 85% i ytprovet och ca 62% i mittprovet (Tabell 2).



Figur 4. Fördelning av TS-halt och metanproduktion i flytgödsel från integrerad grisproduktion som sedimenterat i minst 6 veckor.

Flytgödseln från slaktgrisproduktion hade inget svämtäcke utan endast små ansamlingar av fast material på ytan. I botten av flytgödselbehållaren fanns emellertid ett bottensediment som var ca 15 cm tjockt. TS-halten i bottensedimentet var ca 6% och i resten av behållaren ca 1 % (Figur 5). Resultatet av provrötningen visade att bottenprovet gav ca 17 m³ metan/m³ våt vikt och övriga prov gav ca 6 m³ metan/m³ våt vikt.



Figur 5. Fördelning av TS-halt och metanproduktion i flytgödsel från slaktgrisproduktion som sedimenterat i minst 6 veckor.

Växtnäringsämnena i gödseln från integrerad grisproduktion hade omfördelats efter skiktningen i flytgödselbehållaren (Tabell 2). Halten totalkväve och organiskt kväve var högre i ytprov och bottenprov än i mittprovet. Halten ammoniumkväve var lite lägre i ytprovet. Fosforhalten var högre i ytprov och bottenprov än i mittprovet. Kaliumhalten var lite lägre i ytprovet än i övriga prov. Halten totalkol samt C/N-kvoten var högst i ytprovet och lägst i mittprovet

I slaktgrigödseln var halten totalkväve och organiskt kväve större i bottenprovet än i mittprovet och ytprovet i flytgödselbehållaren. Halten ammoniumkväve var jämnt fördelat liksom halten kalium. Fosforhalten hade skittat sig och den större halten fosfor fanns i bottenprovet. Halten totalkol och C/N-kvoten var högst i bottenprovet.

Tabell 2. Analysresultat på självseparerad flytgödsel från integrerad grisproduktion samt slaktgrisproduktion som sedimenterat i minst 6 veckor

	Integrerad grisproduktion				Slaktgrisproduktion		
	Provplats			Omrörd	Provplats		
	Botten	Mitten	Ytan		Botten	Mitten	Ytan
Metanproduktion (m^3/m^3 vv)	22,4	11,0	35,8	17,7	17,3	6,3	6,6
Torrsubstans, TS (%)	8,4	2,5	14,4	4,5	5,9	1,1	1,1
Totalkväve (kg/ton)	4,7	3,9	4,7	4,4	4,2	2,8	2,9
Organisk kväve (kg/ton)	1,9	1,0	3,3	1,4	1,7	0,4	0,4
Ammoniumkväve (kg/ton)	2,8	2,9	1,4	3,0	2,6	2,4	2,5
Totalkol (kg/ton)	34,1	10,1	68,3	19,7	26,6	4,0	4,2
C/N-kvot	7,2	2,6	14,6	4,4	6,3	1,4	1,5
Glödförlust (VS) (% av TS)	75,7	62,5	85,3	76,4	76,3	54,5	54,5
Totalt fosfor (kg/ton)	2,47	0,55	2,79	0,92	1,82	0,14	0,16
Totalt kalium (kg/ton)	2,30	2,42	1,12	2,40	2,07	2,30	2,18

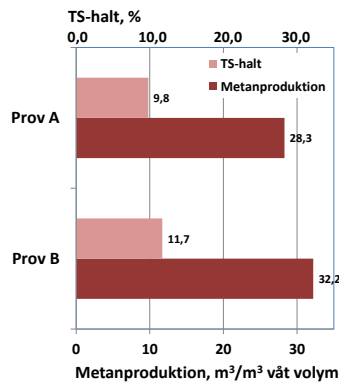
Fullskaleförsök

I projektet testades också att flytta bort den tunna mittfraktionen från en flytgödselbehållare och därefter röra om den kvarvarande tjockare fraktionen för transport till biogasanläggning. Gödselbehållaren fylldes kontinuerligt från intilliggande slaktgrisstallar. Gödseln hade således inte stått orörd i flera veckor i detta försök. Med hjälp av en gödseltunna sögs så mycket tunn gödsel bort från mittfraktionen att det fortfarande skulle kunna gå att röra upp svämtäcket och bottensedimentet i brunnen och pumpa upp gödseln i gödseltunnan. Flytgödselbehållaren hade tak vilket var en orsak till att gödseln hade ganska hög TS-halt.

Gödselprover togs både av den tunna mittfraktionen och av den omrörda kvarvarande fraktionen för näringsanalys. Prover för analys av metanpotentialen togs av den omrörda kvarvarande fraktionen och från en likadan flytgödselbehållare på samma gård där gödseln rördes om utan att den tunna fraktionen flyttades bort.

Resultat fullskaleförsök

I den tunna mittfraktionen som flyttades bort var TS-halten ca 6% (Tabell 3). Efter omrörning av kvarvarande gödsel var TS-halten ca 12%. Vid 12% TS-halt gick det fortfarande bra att bryta svämtäcket och röra om i gödselbehållaren. Att fylla gödseltunnan på 25 m^3 med tjock gödsel tog knappt 3 minuter, att jämföra med en fyllningstid på ca 2 minuter vid en relativt tunn gödsel (ca 4-5% TS). Metanpotentialen från den kvarvarande tjockare fraktionen var ca 32 m^3/m^3 våt volym vilket kan jämföras med 28 m^3/m^3 våt volym från gödseln som omrördes utan att den tunna fraktionen flyttades bort. Halten TS var dock hög även i den fullständigt omrörda gödseln (9,8%) vilket förklarar den höga metanpotentialen.



Figur 6. Metanproduktion i den kvarvarande tjockare fraktionen (Prov B) samt i gödsel från en annan flytgödselbehållare på samma gård där hela innehållet hade rörts om (Prov A).

Även näringsämnenen var olika i de båda fraktionerna. Den kvarvarande tjockare fraktionen hade högre halt totalkväve och organiskt kväve men samma halt ammoniumkväve som den tunna fraktionen. Halten fosfor var högre i den tjockare fraktionen medan kaliumhalten hade samma värde i båda fraktionerna. Skillnaden i halten fosfor mellan de olika fraktionerna var endast 0,29 kg/ton vilket kan bero på att delar av fosfor i en färsk gödsel finns i mycket små partiklar (Møller, Sommer och Ahring, 2002) som inte sedimenterar på samma sätt som större partiklar.

Tabell 3. Analysresultat på tunn samt tjock fraktion i flytgödselbehållare för slaktgrisproduktion

	Fraktion	
	Tunn	Tjock
Torrsubstans, TS (%)	6,1	11,0
Tot-kväve (kg/ton)	5,2	6,1
Organiskt kväve (kg/ton)	2,0	2,9
Ammoniumkväve (kg/ton)	3,2	3,2
Tot-kol (kg/ton)	27,0	49,7
C/N-kvot	5,2	8,1
Glödförlust (VS) (% av TS)	-	87,2
Totalt fosfor (kg/ton)	0,87	1,16
Totalt kalium (kg/ton)	1,95	1,93

Diskussion

Praktisk nytta av resultaten

Näringsämnenen omfördelade sig efter skiktningen i flytgödselbehållarna. Fraktioner med högre TS-halt, svämtäcke och bottensediment, hade större halt totalkväve och organiskt kväve. Dessutom var halten totalkol **större**-högre vilket även avspeglade sig i högre C/N-kvot. Mer organiskt kväve och mer totalt kol tyder på att det var mer organiskt material i de fraktioner som hade högre TS-halt. Detta stämmer överens med att glödförlusterna (VS) var högre.

Svämtäcke och bottensediment hade en hög halt fosfor. I flytgödselbehållaren med gödsel från integrerad grisproduktion hade svämtäcke och bottensediment 60% av fosforinnehållet men

utgjorde bara 25% av totala gödselvolymen. Gödseln från slaktgrisproduktion fick inget svämtäcke och merparten av fosfor, 49 %, fanns i bottensedimentet som bara var 5% av gödselvolymen i behållaren. Gödseln från mjölkproduktion hade ett tunt svämtäcke som hade 20% av fosforinnehållet och utgjorde 5% av volymen i behållaren.

De vattenlösliga näringsämnen kalium och ammoniumkväve fördelade sig jämnt i hela gödselvolymen. I svämtäcket var halten kalium och ammoniumkväve något lägre, vilket kan bero på att TS-halten var högre. .

Det kan vara intressant vid flera tillfällen att använda sig av självseparerad grisgödsel för att ta vara på att näringsämnen skiktas sig:

1. Gårdar med höga fosforhalter i marken nära gårdscentrat. På dessa marker är det inte alltid näringsmässigt motiverat att tillföra fosfor. Genom att använda den tunna mittfraktionen i en separerad grisgödsel kan stallgödseln täcka stora delar eller hela grödans kväve- och kaliumbehov utan att fosforgivan överskrids.
2. Gårdar med spridningsarealer långt bort. Genom att köra en mer koncentrerad gödsel behöver man inte köra lika många lass för att transportera bort samma mängd fosfor.
3. Gårdar som säljer gödsel. Det kan finnas en marknad för gödsel med lägre alternativt högre fosforinnehåll.

Ett kraftigt svämtäcke på gödseln visar att material med hög metanpotential har flutit mot ytan. Metanpotentialen i svämtäcket i både nötgödseln och i gödseln från den integrerade grisproduktionen var ca tre gånger högre per m^3 gödsel jämfört med gödseln i skiktet under. I brunnen med integrerad grisgödsel motsvarade svämtäcket 20% av gödselvolymen, men det hade 43% av gödselns totala metanpotential. Metanpotentialen i bottensatsen var dubbelt så hög per m^3 gödsel, jämfört med gödselvätskan. Det kan i dessa lägen vara intressant att ta bort en del gödselvätska innan transport till biogasanläggning.

Beräkningar visar att genom att avskilja ca 30% av gödselvätskan ökade halten TS i nötgödseln från 6,5 till 8,2% samtidigt som metanpotentialen per ton gödsel ökade från 10,9 till 12,1 m^3 metan/ m^3 gödsel. Genom att pumpa bort 30% av gödselvätskan från den integrerade grisgödseln ökade halten TS från 5,2 till 7,0% och den genomsnittliga metanpotentialen med 15%, från 16,7 till 19,2 m^3 metan/ m^3 gödsel.

För att avleda gödselvätska finns flera alternativ:

1. Om någon har gödselavtal med företaget, kan den hämta gödsel från mitten av flytgödselbehållaren utan att denna rörts om innan. Det kvarvarande kan användas för biogasproduktion.
2. Vid nybyggnation kan man bygga en "tvåkammarbrunn" d v s två gödselbrunnar som seriekopplas med lucka som kan öppnas eller stängas. På så sätt går det att styra hur mycket vätska som kan rinna över till behållaren intill.
3. En dränkbar pump sänks ner till hälften i flytgödselbehållaren och den tunna mittfraktionen pumpas över till en intilliggande behållare.

En förutsättning för att det ska vara intressant att endast hämta gödseln med högst metanpotential, är att det finns andra substrat med högre metanpotential som kan ersätta det material som avleds, d.v.s. reaktorn måste fyllas med bra substrat.

I behållaren med tunn slaktgrisgödsel fanns inget svämtäcke och bara ett tunt lager bottensediment. Gödseln var både homogen och tunn. I en sådan brunn är det frågan om gödseln överhuvudtaget ska rötas då den har en så låg metanpotential. Alternativt behövs stor bortförsel av gödselvätska för att öka metanpotentialen.

I gödselbrunnen med relativt jämntjock gödsel från mjölkproduktion med hög TS fördelade sig näringsinnehållet och metanpotentialen jämnt mellan lagren under svämtäcket. Gödseln höll sig relativt välblandad trots att den inte rörts på mer än sex veckor. Flytgödsel från nötkreatur sedimenterar inte lika snabbt som flytgödsel från gris så kanske resultatet varit annorlunda om gödseln från mjölkproduktionen haft längre tid på sig att separera. Det är således onödigt ur näringssynpunkt att röra om mer i en nötgödsel än vad som krävs för att blanda ner svämtäcket.

Generellt sett är det viktigt att välja en gödsel med högt innehåll av torrsubstans och organiskt material som substrat till biogasproduktion. För en biogasanläggning kan det vara mer ekonomiskt att hämta all gödsel från integrerad grisproduktion, jämfört med att hämta enbart den bästa fraktionen från en tunn, men självseparerad slaktgrisgödsel.

Slutsatser

Gödseln i flytgödselbehållarna hade självseparerat när den stått orörd i 6 veckor

Svämtäcke och bottensats innehöll mellan 20-60% av fosfor i behållarna. De vattenlösliga näringsämnen kalium och ammoniumkväve fördelade sig jämnt i hela gödselvolymen

Viktigt att hämta gödsel till biogas från gårdar med bra gödsel som har hög TS och därmed hög metanpotential.

Självseparering av gödseln i flytgödselbehållaren är en intressant metod att optimera användningen av olika näringsämnen samt att minska mängden vatten in till central biogasanläggning.

Genom att ersätta flytgödsel med självseparerad gödsel kan metanproduktionen per röttningsvolym öka.

Publikationer

Faktablad från Partnerskap Alnarp, 2015:4.

<http://194.47.52.113/janlars/partnerskapalnarp/uploads/faktablad/674.pdf>

Presentationer:

<https://www.youtube.com/watch?v=G1b5yEZxp00&feature=youtu.be>

http://www.greppa.nu/download/18.724b0a8b148f52338a327a2/1413539516569/3_Passiv+G%C3%B6dselseparering_Sara+Nilsson.pdf

Referenser

- Carlsson, M.; Uldal, M. (2009) Substrathandbok för biogasproduktion. Rapport SGC 200, Svenskt Gastekniskt Center AB, Malmö. 24 sidor.
- Deng, L.; Chen, Z.; Yang, H.; Zhu, J.; Liu, Y.; Long, Y.; Zheng, D. (2012) Biogas fermentation of swine slurry based on the separation of concentrated liquid and low content liquid. *Biomass and bioenergy* 45: 187-194.
- Deng, L.; Li, Y.; Chen, Z.; Liu, G.; Yang, H. (2014) Separation of swine slurry into different concentration fractions and its influence on biogas fermentation. *Applied Energy* 114: 504-511
- Frandsen, T.Q m fl (2011) Best available technologies for pig Manure Biogas Plants in the Baltic Sea Region. *Baltic Sea 2020*, Stockholm. 159 sidor.
- Jordbruksverket (2013) Riktlinjer för gödsling och kalkning 2014. *Jordbruksinformation* 11, Jönköping. http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_jo/jo13_11v2.pdf (2 dec-14). (90 sidor).
- Karlsson, S. (1996) Åtgärder för att minska ammoniakemissionerna vid lagring av stallgödsel. JTI-rapport, *Lantbruk & industri*, Nr 228, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. 54 sidor
- Møller, H.B, Sommer, S. G., Ahring, B. K (2002) Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. *Bioresource Technology*, Vol. 85, 189–196.
- Møller, H; Sommer, S.G.; Ahring, B.K. (2004) Metane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass and bioenergy* 26, 485-495
- Sommer, S.G; Hansen, M.N. (2005) Naturlig separering af næringsstoffer i lagret svinegylle – effekt af bioforgasning og gylleseparering. *Grøn Viden. Husdyrbrug* nr. 45. 6 sidor
- Steineck, S., Djurberg, L., Ericsson, J. (1991) Stallgödsel. *Speciella skrifter* 43, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 91 sidor
- Wood J D. (2013). *Mitigating Gas Emissions from Liquid Manure Storage Systems: Management Practices, Measurements and Modeling*. Thesis, The University of Guelph. Ontario, Canada. 189 sidor.