

Effektivare biogasproduktion med optimerat flytgödselssubstrat

– En pilotstudie

Alf Gustavsson, Mats Edström



Effektivare biogasproduktion med optimerat flytgödselssubstrat – en pilotstudie

More effective biogasproduction with optimized slurry substrate – a pilot study

Alf Gustavsson, Mats Edström

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Summary.....	7
Bakgrund.....	8
Material och metod	8
Datainsamling.....	8
Analys och beräkningar av materialflöden.....	9
Biogasberäkningar.....	10
Resultat	12
Diskussion.....	13
Referenser	14
Bilaga 1. Planlösning för djurstallarna	15
Bilaga 2. Fördelning mellan gödsel samt disk- och spolvatten	17

Förord

Intresset för att producera biogas av flytgödsel är stort inom lantbruket, och på många företag med mjölkkor har det byggts gårdsanpassade anläggningar eller större anläggningar som drivs av flera gårdar gemensamt. Med biogasproduktionen får dessa företag en ny produktionsgren som, förutom att ge energi, förädlar den producerade gödseln och minskar miljöbelastningen.

Den energi som produceras av biogas i form av värme eller elenergi och som används på gården, minskar kostnaden för inköpt energi. Eventuella överskott kan dessutom, beroende på hur anläggningen är utformad, säljas och ge intäkter.

En modern anläggning för biogasproduktion är tekniskt avancerad och är en stor ekonomisk investering för ett lantbruksföretag. Lönsamheten i produktionen är starkt beroende av aktuella energipriser, men också av anläggningens effektivitet.

I denna pilotstudie har en metod studerats för att kunna göra biogasproduktionen mer effektiv. Studien har finansierats med medel från Stiftelsen Lantbruksforskning.

Till de lantbruksföretagare som har medverkat genom att lämna uppgifter till studien riktas ett varmt tack.

Uppsala i februari 2014

Anders Hartman

VD för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

På fyra gårdar med mjölkkor samlades uppgifter in om antal djur och lagringsvolymer för flytgödsel samt övriga produktionsförhållanden. Två av gårdarna hade konventionell mjölkning i mjölkningsavdelning och två gårdar hade mjölkningsrobot (AMS/VMS). Prover på flytgödsel direkt från stallet togs från varje gård och gödselns torrsubstans analyserades. Gödselproverna togs i pumpbrunnen vid stallbyggnaden, innan gödseln pumpades vidare till lagringsbehållaren.

Den årliga gödselproduktionen från mjölkorna som samlades upp av utgödslingssystemet beräknades med ledning av antalet mjölkkor och besättningens mjölkavkastning. Typ av mjölkningssystem och stallstorlek användes sedan för att beräkna hur stora volymer av disk- och spolvatten som via utgödslingssystemet slutligen hamnar i flytgödseln.

Analyser gjordes för varje gård på hur mycket flytgödselns torrsubstanshalt skulle kunna öka genom att hantera disk- och spolvatten separat. Exempel på hur detta kan lösas redovisas med enkla ritningar för varje gård.

Studien visar att en separat hantering av disk- och spolvatten gör det möjligt att öka torrsubstanshalten på flytgödseln. På de gårdar som ingick i studien skulle flytgödselns torrsubstanshalt därigenom kunna ökas med 1,7 till 3,4 procentenheter. Gårdarna med robotmjölkning har de högsta värdena. Den slutliga torrsubstanshalten på den avvattnade flytgödseln beräknades till mellan 7,6 och 12,7 procent för de studerade gårdarna.

Summary

Data was collected from four dairy farms about the number of cows, the storage volumes of slurry and other facts about the milking production. Two of the farms had conventional milking parlours and two had milking robots (AMS/VMS). Samples of slurry were collected directly from the barn on each farm and were analyzed for content of dry matter. The samples were collected from the pumping well close to the barn before the slurry was pumped over to the slurry container.

The yearly amount of slurry produced by the cows and collected by the manure system in the barn was calculated with the aid of the number of cows and the milk production of the herd. Type of milking system and size of barn was used for calculations of the produced volumes of washing and flushing water that via the manure system finally lands in the slurry container.

Analyzes of how much the content of dry matter in the slurry would increase if the washing and flushing water could be eliminated. Examples of how to handle slurry and waste water separately is presented with simple drawings for each farm.

The study shows that a separate handling of the wash and flush water makes it possible to increase the content of dry matter in the slurry. For the farms in the study the percentage of dry matter content would thereby increase between 1.7 to 3.4. Farms with robot milking have the highest values. The ultimate content of dry matter in the dewatered slurry was calculated and varied between 7.6 and 12.7 percent for the farms in the study.

Bakgrund

Vid produktion av biogas med flytgödsel som substrat är det gödselns uppehållstid i rötkammaren som avgör hur stor rötkammare som behövs. En större rötkammare medger en längre uppehållstid (och en högre gasproduktion) i rötkammaren. Ett sätt att effektivare kunna utnyttja en befintlig rötkammare är att använda flytgödsel med en högre torrsubstanshalt. Med en högre torrsubstanshalt i flytgödseln skulle även rötkammarens volym kunna minskas. Det alternativet skulle främst vara aktuellt vid nybyggnation. Förutsättningen är då att rötkammarvolymen väljs så att flödet av substrat genom rötkammaren räknat som torrsubstans skulle vara detsamma som vid användning av ”normal” flytgödsel. Fördelen med en mindre rötkammare är att investeringskostnaden blir lägre, samtidigt som energiåtgången för att värma upp substratet i rötkammaren blir lägre vid en mindre volym.

Syftet med denna studie var att undersöka om alternativet med att optimera biogas-substratet går att tillämpa i praktiken. Vilka åtgärder krävs för att kunna använda flytgödsel med en förhöjd torrsubstanshalt, och hur påverkas ekonomin vid biogasproduktionen?

Målsättningen är att resultatet från studien ska kunna användas som underlag för att ta fram mer konkreta tekniska lösningar på gårdsnivå på hur en optimering av det rötningsbara biogassubstratet ska kunna göras.

Material och metod

Studien har bestått av tre huvuddelar; datainsamling, analys och beräkningar av materialflöden samt biogasberäkningar.

Datainsamling

Data om djurproduktion och gödselhantering insamlades från fyra gårdar med mjölkkor i lösdrift och med flytgödselsystem. Två av gårdarna hade automatiska mjölkningssystem (VMS) med mjölkrobot och två mjölkade manuellt i konventionell mjölkningsavdelning. Gårdarna besöktes under 2012-2013. Uppgifter om gårdarna finns i tabell 1.

Tabell 1. Grunduppgifter om gårdarna i studien.

Gård nr	Antal kor	Produktion (kg mjölk/år)	Mjölkningsystem
1	120	11300	2 DeLaval VMS
2	65	9500	1 DeLaval VMS
3	120	9600	Mjölkningsstall 2 x 9
4	100	9600	Mjölkningsstall 2 x 7

Vid gårdsbesöken togs prover på flytgödseln i den pumpbrunn som var direkt ansluten till utgödslingssystemets utlopp från stallet. På en gård saknades pumpbrunn, varför provet togs direkt i gödselkultvertens utlopp från stallet.

Uppgifter om gårdens djurproduktion och lagringsutrymmen med flera grunduppgifter samlades också in vid provtagningsbesöken.

Översiktliga lösningar på hur disk- och spolvatten kan hanteras på varje gård har tagits fram som enkla ritningar, se bilaga 1. Ritningarna visar principiella lösningar på hur en separat hantering av disk- och spolvatten kan anordnas från mjölkkrum och mjölkkningsavdelningar där stora mängder vatten används. Det använda vattnet leds ut till pumpbrunn för vidare transport till den befintliga lagringsbrunnen. Ledningar läggs på frostfritt djup och ansluts till lagringsbrunn så att frysrisk inte uppstår.

Det är en fördel om avloppsledningarna i stallet kan kopplas så att det ändå finns möjlighet att tillfälligtvis kunna låta disk- och spolvatten ledas till flytgödsel-systemet på vanligt sätt. På så sätt finns det en möjlighet att blanda ut flytgödseln med vätska om det skulle uppstå problem med uttransporten av gödseln från stallet.

Vid en ny- eller ombyggnation av djurstall är det lättare att anordna separat hantering av disk- och spolvatten då man redan vid planeringen kan ta hänsyn till detta. I ett befintligt stall blir detta svårare, då man är bunden av hur aktuella installationer för vatten och avlopp är utformade och placerade.

Analys och beräkningar av materialflöden

Proverna med flytgödsel torkades i värmeskåp under 24 timmar i 105 C° för att beräkna torrsubstanshalten i flytgödseln.

Med ledning av uppgifterna om antalet mjölkkor och mjölkavkastning, har den del av gödselproduktionen som kommer från mjölkorna på varje gård beräknats. Beräkningar på gödselmängder har utförts med normvärden för lagringsbehov för stallgödsel som utgångspunkt (SJV, 1995). I tabell 2 redovisas lagringsbehovet för flytgödsel under en 8-månadersperiod, vilket motsvarar tiden för stallperioden. I värdena ingår förutom gödsel strömedel och spillvatten från vattenkoppar och vattenkar.

Tabell 2. Lagringsbehov för flytgödsel (8 månader) från mjölkkor med olika avkastningsnivåer (SJV, 1995).

Mjölkavkastning (kg/år)	Flytgödsel (m ³ /8 mån stallperiod)
6000	12,2
8000	12,6
10000	13,5

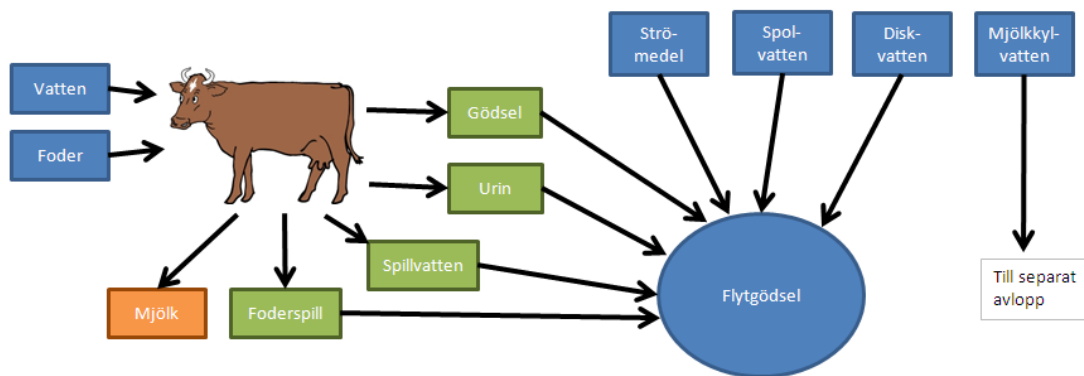
Användningen av vatten för disk, och framförallt för tvätt och spolning i stallet, varierar mellan olika gårdar och stalltyper beroende på mjölkkningsutrustning, stallens ytor och rengöringsrutinerna med mera. Mängderna är därför svåra att uppskatta, då de kan variera både från dag till dag och mellan olika gårdar.

De normvärden som presenteras i tabell 3 har hämtats från publicerade undersökningar om mängderna spol- och diskvatten (SJV, 1995; Rasmussen & Pedersen, 2004).

Tabell 3. Spol- och diskvatten i mjölkstallar.

Användning	Mängd (l/dygn)
Spolvatten i mjölktrum och mjölkningsavdelning	100
Diskvatten från tankdisk	60
Diskvatten från mjölkningsrobot	1000
Diskvatten från mjölkningsutrustning	630

I figur 1 visas de materialflöden som normalt ingår i flytgödselsystemet på en gård med mjölkkor. Det som saknas i figuren är vatten från nederbörd som samlas i lagringsbrunnen, under förutsättning att den inte är försedd med tak, pressvatten från ensilagesilos samt uppsamlad nederbörd från hårdgjorda ytor och planer.



Figur 1. Typiska materialflöden vid mjölkproduktion med flytgödselsystem.

Flytgödsel är pumpningsbar med vanliga gödselpumpar upp till en maximal torrsubstanshalt på ungefär 12 procent. Pumpbarheten påverkas även av strukturen på det strömedel som används i stallet och de foderrester som följer med gödseln. Typiska värden för torrsubstanshalter hos flytgödsel från mjölkstallar är 6 till 9 procent. Tabell 4 visar hur gödsel kan klassificeras efter torrsubstanshalt.

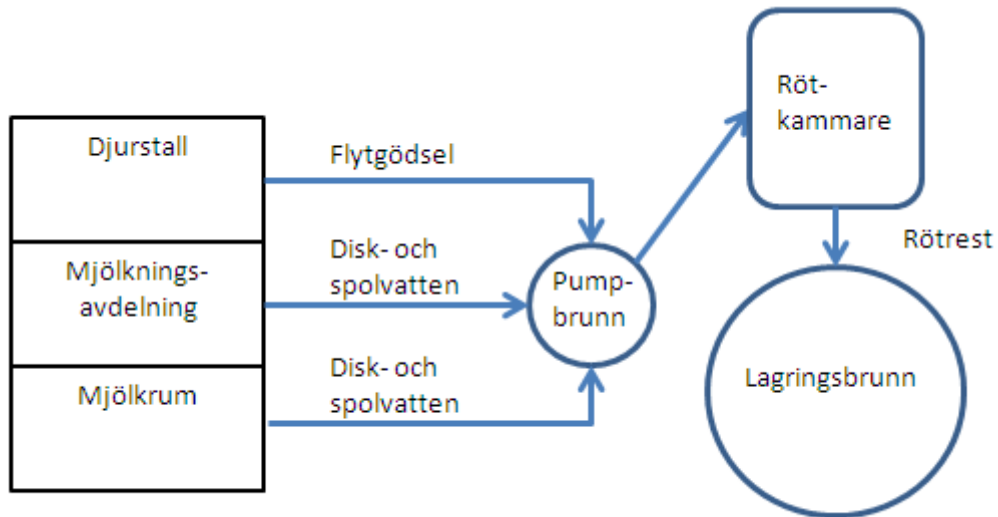
Tabell 4. Egenskaper hos olika typer av gödsel (efter SJV, 1995).

Gödseltyp	TS-halt (%)	Hantering
Urin	3-5	Pumpbar
Flytgödsel	<12	Pumpbar
Kletgödsel	12-20	Ej pumpbar, ej staplingsbar
Fastgödsel	>20	Staplingsbar minst 1 m
Djupströbäddsgödsel	>25	Staplingsbar minst 1,5 m

Biogasberäkningar

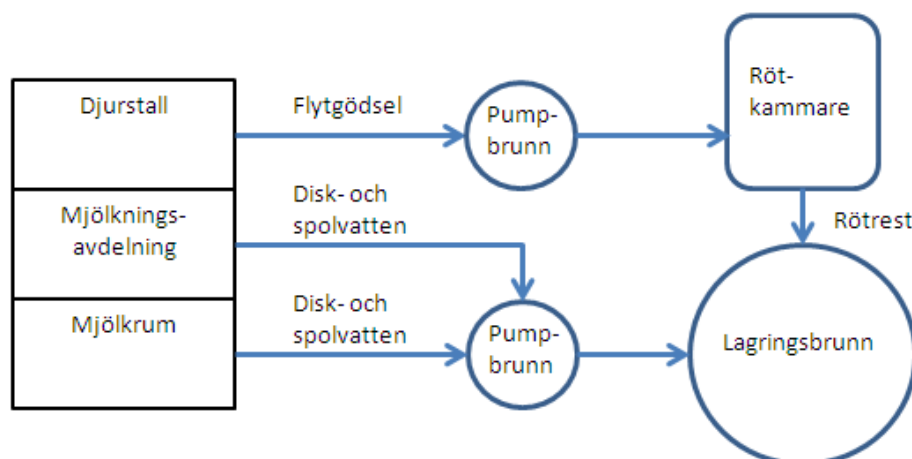
En biogasanläggning på gårdsnivå tar vanligtvis substratet till biogasproduktionen från gårdens ordinarie lagringsutrymmen för säsongslagring av flytgödsel, eller alternativt från en särskild lagrings- eller pumpbrunn för färsk flytgödsel.

Utgångspunkten vid beräkningarna i denna studie är att jämföra två olika alternativ, ett normalalternativ (alternativ A) och ett med en optimerad lösning (alternativ B). I alternativ A hämtas flytgödseln till röt-kammaren för biogas direkt från befintlig pumpbrunn eller lagringsbrunn. Förutom gödsel kommer då även spol- och diskvatten samt i vissa fall nederbördsvattnet med vid fyllningen. Se figur 2.



Figur 2 Flöden för alternativ A.

Alternativ B utgår ifrån att så mycket som möjligt av det extra vattnet är eliminerat genom olika åtgärder i djurstallet och utgödslingssystemet samt att enbart den mängd gödsel som kommer från djuren inklusive strö- och fodermedelsrester kommer med till röt-kammaren. Substratet till biogasprocessen kommer därför i alternativ B att få en högre torrsustanshalt. Diskvatten från rengöring av mjölk-ningsavdelning, mjölkkningsutrustning och mjölk-tank samt spolvatten från mjölk-krum och mjölkkningsavdelning kommer därför inte med i biogasprocessen, utan hanteras separat. Se figur 3.



Figur 3 Flöden för alternativ B.

Med hjälp av de tidigare presenterade normvärdena, kan beräkningar göras på hur stor ökningen av flytgödselns torrsustanshalt blir på de fyra studerade gårdarna om alternativ B tillämpades vid en tänkt framtida biogasproduktion.

Enligt tidigare beräkningar (Edström m.fl., 2008) så innebär en ökning av flytgödselns torrsubstanshalt med 3 procentenheter att rötkammarvolymen kan minska med 23 procent och att behovet av processvärme minskar med drygt 30 procent. Se tabell 5.

Tabell 5. Exempel på beräkning av biogasproduktion med flytgödsel vid olika torrsubstanshalter (Edström m.fl., 2008).

Värde /mängd	Alternativ		Enhet
	A	B	
Flytgödsel	3000	2250	ton/år
TS-halt flytgödsel	9	12	%
TS-mängd i flytgödsel	740	740	kg TS/dag
Uppehållstid i rötkammare	23	26	dygn
Belastning	3,3	4,0	kg VS/m ³ och dygn
Rötkammare, våt volym	185	150	m ³
Biogasproduktion	1,2	1,2	MWh/dag

Resultat

De två gårdar i studien som har automatisk mjölkning har 1 till 2 procentenheter högre uppmätt torrsubstanshalt i gödseln jämfört med gårdarna med manuell mjölkning (se tabell 6). Den volym av flytgödseln som kommer ifrån disk- och spolvatten har räknats fram utifrån normvärden, och andelen ligger mellan 21 och 27 procent för de studerade gårdarna. Högst andel har gården med lägst antal djur och automatisk mjölkning. Den beräknade ökningen av torrsubstanshalten som kan uppnås med ett flöde enligt alternativ B ligger mellan 1,8 och 3,4 procentenheter. Den högsta ökningen finns hos gårdarna med automatisk mjölkning, som båda ligger runt 3 procentenheter.

Tabell 6. Flytgödseldata från de studerade gårdarna.

Gård	Beräknad mängd flytgödsel (m ³ /år)	Beräknad andel disk- och spolvatten	Uppmätt torrsubstanshalt	Beräknad torrsubstanshalt (alternativ B)	Ökning (%-enheter)
1	3253	24 %	8,3 %	11 %	2,7
2	1585	27 %	9,3 %	12,7 %	3,4
3	2659	25 %	5,7 %	7,6 %	1,9
4	2099	21 %	6,7 %	8,4 %	1,7

I tabell 7 har behovet av rötkammarvolym (våtvolum eller effektiv volym) som behövs för att kunna hantera den producerade mängden flytgödsel från de olika gårdarna beräknats. Uppehållstiden för flytgödseln i rötkammaren har i samtliga fall satts till 25 dagar. Skillnaden i rötkammarvolym mellan alternativ A och B har sedan prissatts, för att få ett värde på den minskade investeringskostnad som en mindre rötkammarvolym medför. Beloppet är presenterat som ett intervall, där den lägre siffran avser en anläggning byggd i egen regi och den högre siffran en

nyckelfärdig anläggning. Beloppen gäller kostnadsnivån år 2005-2006 i euro för gårdsanläggningar utan produktion av kraftvärme (elström) eller fordonsgas (Edström m.fl., 2008).

Tabell 7. Beräknad röt-kammarvolym och minskad investeringskostnad.

Gård	Våtvolum för röt-kammare alternativ A (m ³)	Våtvolum för röt-kammare alternativ B (m ³)	Differens (m ³)	Beräknad kostnadsminskning (€)
1	223	169	54	20520 - 25590
2	109	80	29	11020 - 13920
3	182	137	45	17100 - 21600
4	143	114	29	11020 - 13920

Diskussion

De framräknade volymerna av flytgödsel inklusive disk- och spolvatten har gjorts med ledning av normvärden publicerade i litteraturen. I praktiken kommer de faktiska mängderna att variera, både mellan olika gårdar och även mellan olika år för samma gård. Skiftande förhållanden olika år när det gäller väderlek påverkar längden på betesperioder, tillgången på foder och djurens avkastning. Olika arbetsrutiner och stallutformning inverkar på gödselmängder och åtgång av vatten för diskning och spolning. Störst osäkerhet finns förmodligen vid beräkningen av volymerna av disk- och spolvatten. I studien har till exempel gård 2 med högst andel disk- och spolvatten även den högsta uppmätta torrsubstanshalten i flytgödseln. Volymerna för disk- och spolvatten verkar i det fallet ha överskattats i beräkningarna. Gården har automatisk mjölkning och då kan olika alternativ för hur ofta rengöring av mjölkningsbås med mera ställas in, vilket påverkar vattenåtgången.

Produktionen av flytgödsel under en stallperiod skulle enkelt kunna stämmas av mot de mängder som samlas i lagringsbrunnen under stallperioden, som en kontroll av framräknade värden. Ofta hamnar gödsel från ungdjursstallar också i lagringsbrunnen vilket då försvårar beräkningarna, och dessutom tillkommer vatten från nederbörd som hamnar i brunnen.

En separat hantering av disk- och spolvatten kräver att avloppssystemen är anpassade för detta. Spolvatten från djurstallet går inte att separera då det så småningom hamnar på gångar och i gödselrännor och kulvertar i djurstallet. Avlopp för diskvatten och spolvatten från mjölkkrum och mjölkningsavdelning är enklare att avleda till ett separat system.

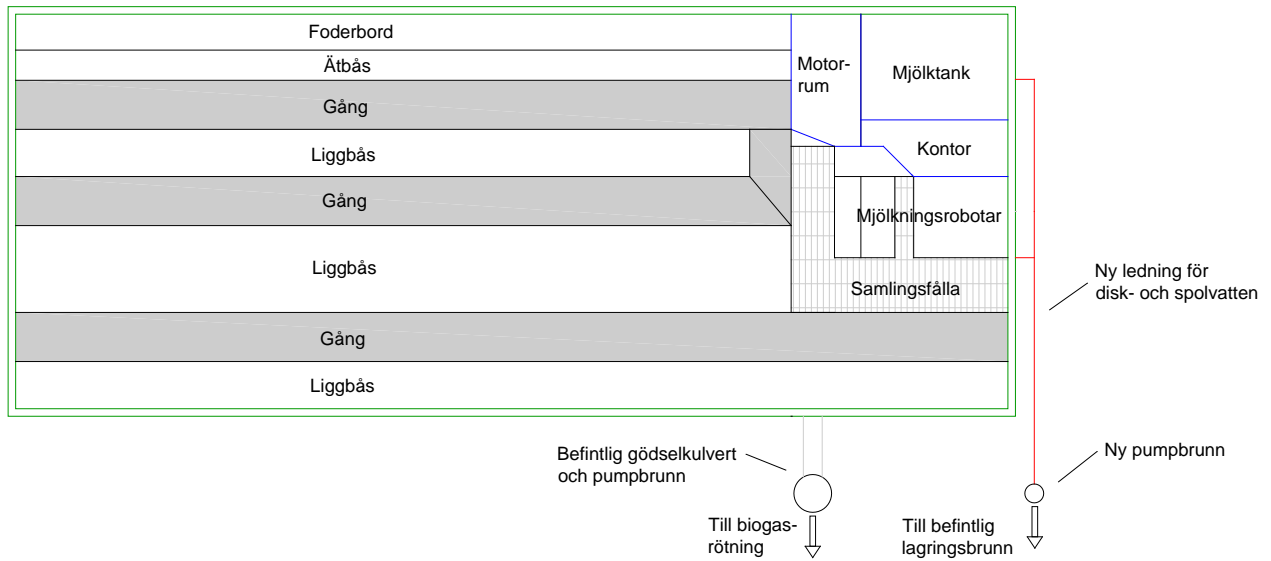
Pumpning av gödsel med hög torrsubstanshalt kan vara problematiskt med vanliga gödselpumpar. Blir gödseln för trögflytande krävs att andra pumpar, till exempel skruppumpar, används för pumpning av färsk gödsel till röt-kammaren.

En mindre reaktortank medför även ett lägre uppvärmningsbehov. Detta minskar driftskostnaderna genom att mindre biogas går åt för att hålla temperaturen på avsedd nivå i röt-kammaren.

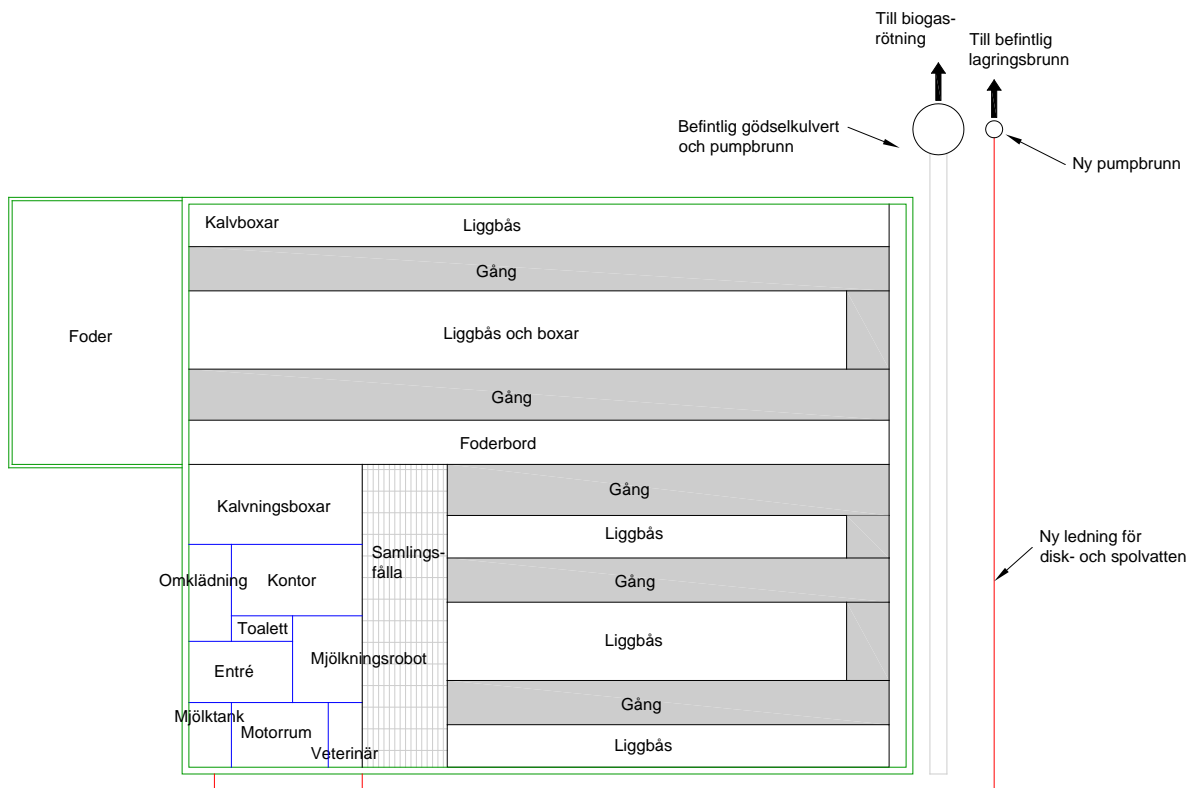
Referenser

- Broegger Rasmussen, J., Pedersen, J. (2004). Electricity and Water Consumption at Milking. FarmTest Cattle nr. 17. Danish Agriculture Advisory Center. Denmark.
- Edström M., Jansson L-E. m fl. (2008). Gårdsbaserad biogasproduktion - System, ekonomi och klimatpåverkan. JTI-rapport nr 42. Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- SJV (1995). Gödselproduktion, lagringsbehov och djurtäthet vid nötkreaturshållning. Jordbruksverket Rapport 1995:10.

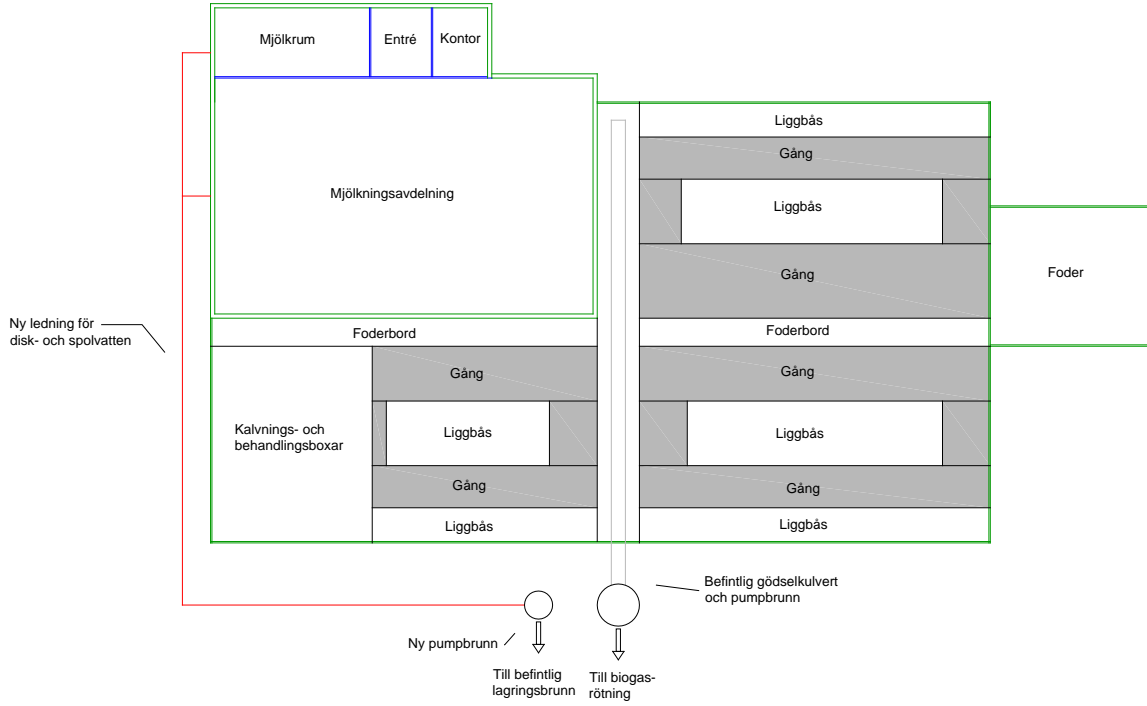
Bilaga 1. Planlösning för djurstallarna



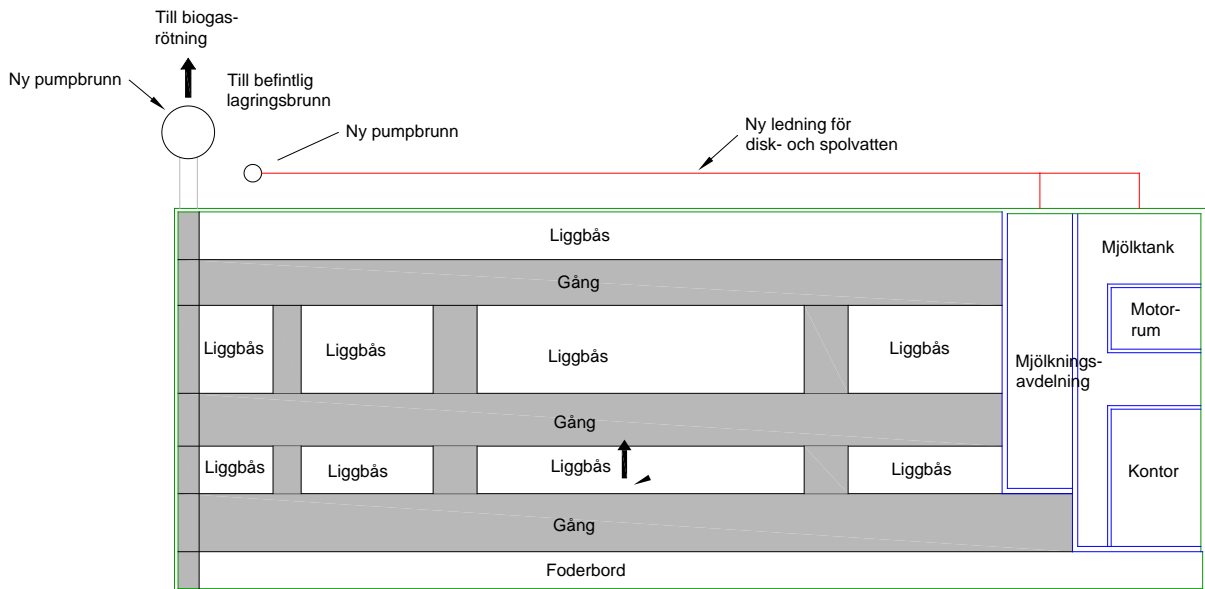
Gård 1



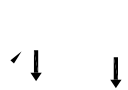
Gård 2



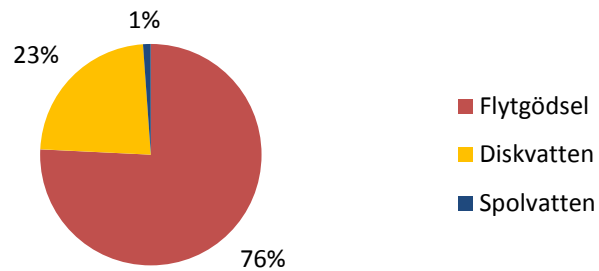
Gård 3



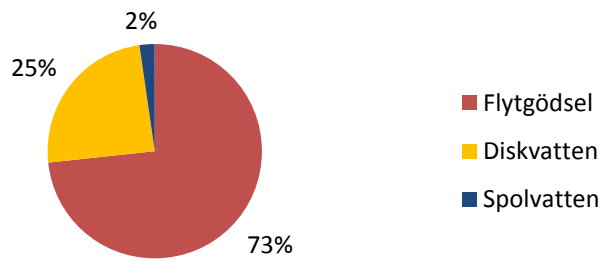
Gård 4



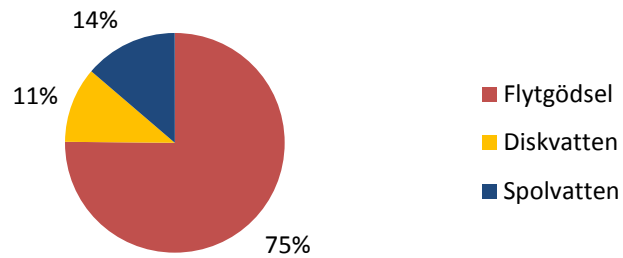
Bilaga 2. Fördelning mellan gödsel samt disk- och spolvatten



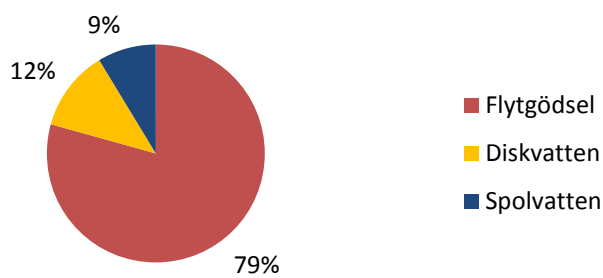
Gård 1



Gård 2



Gård 3



Gård 4

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Vi är ett tekniskt jordbruksinstitut med tydlig miljö- och energiprofil. Institutets fokus ligger på innovation och utveckling i nära samarbete med företag, organisationer och myndigheter.

På vår webbplats publiceras regelbundet notiser om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Gratis mejlutskick av JTI:s nyhetsnotiser kan beställas på www.jti.se

På webbplatsen finns publikationer som kan läsas och laddas hem gratis. Se www.jti.se under fliken Publicerat.

Vissa publikationer kan beställas i tryckt form. För trycksaksbeställningar, kontakta oss på tfn 010-516 69 00, e-post: info@jti.se



JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
Box 7033, 750 07 Uppsala
Telefon: 010-516 69 00, Telefax: 018-30 09 56
E-post: info@jti.se
www.jti.se