

Biogas ger energi till ekologiskt lantbruk



Innehållsförteckning

Inledning	2	Värdet av rötresten i den ekologiska växtodlingen på en djurlös gård	20
Biogasproduktion i Sverige och våra grannländer	3	Ekologiska fältförsök	20
Så bildas biogas	5	Konventionella fältförsök	22
Olika typer av rötnings sätt	6	Finns det någon lönsamhet i att röta växtmaterial?	23
Gasanvändning	8	Goda exempel på gårdsbaserad biogasproduktion	25
Biogas och miljön	9	Exempel på storskalig biogasproduktion ..	28
Biogas – växtodlingsgårdens kvävebalans samt påverkan på intäkterna	10	Att tänka på vid planering av en biogasanläggning	29
Råvaror och rötnings	13	Lär dig mer!	31
Den rötade restprodukten	14	Referenser	32
Vilka rötresten kan användas i ekologisk odling?	14		
Växtmaterial, skörderester och stallgödsel . . .	15		
Restprodukter och tätortsavfall	15		
Hantering av rötresten	17		
Lagring av rötresten	17		
Viktigt med omrörning innan spridning	17		
Spridning	18		

Inledning

Varför är det bra med biogas för det ekologiska lantbruket?

Biogasproduktion kan bli en ny teknik för det ekologiska lantbruket. I biogasanläggningen utnyttjas lättomsättningsbart organiskt material till produktion av metan, som kan användas till värme, el och drivmedel. Samtidigt omsätts näringsämnena i det organiska materialet till en form som gör att den kan utnyttjas som gödsel.

I biogasanläggningen kan man till exempel röta grönmassa från klöverbullar, gårdens skörderester som betblast och annat, stallgödsel och även restprodukter från livsmedelsindustrin.

Klöverbullar fixerar med hjälp av kvävefixeringsbakterier kväve ur luften och lagrar detta i biomassan. Vanliga grüngödslingsvallar putsas med jämna mellanrum och kvävet återförs till jorden och kan utnyttjas till efterföljande grödor. Risken är dock stor att en stor

del av kvävet i det putsade materialet försvinner genom avdunstning i form av ammoniak och att kväve försvinner genom utlakning. Skördas klöverbullar istället och grönmassan rötas i biogasanläggningen omvandlas kvävet till en mer lättomsatt form och rötresten kan spridas vid en tidpunkt när grödorna behöver kvävet. Risken för avdunstning och utlakning av kväve minskar eftersom grönmassan tas bort från fältet. Genom att röta skörderester och grönmassa ökar kväveutnyttjandet i växtodlingen och behovet av inköpt växtnäring minskar. Det ekologiska lantbruket blir mindre beroende av konventionell stallgödsel. Biogasanläggningen blir gårdens egen gödsel-fabrik och kretsloppet på gården sluts.

En av det ekologiska lantbrukets målsättningar är att minimera förbrukningen av fossila bränslen och andra icke förnyelsebara naturresurser. Gårdsbaserad biogasproduktion kan vara ett sätt att nå detta mål.

Biogasproduktion i Sverige och våra grannländer

Biogas

Biogas är den gas som bildas när organiskt material (gödsel, matrester, växter, avloppsvatten med mera) bryts ned i syrefria miljöer. Biogas består huvudsakligen av metan och koldioxid, men innehåller också små mängder av svavelväte och ammoniak. Bildning av biogas sker spontant i naturen till exempel i våmmen hos kor, i sumpmarker och i andra syrefria miljöer. Genom att nyttja dessa mikroorganismer för att producera biogas under kontrollerade betingelser, kan biogasteknik användas för att behandla avfall och utvinna förnybar energi i form av metan. I rötningsprocessen mineraliseras även en stor del av materialets organiska kväve, och omvandlas till ammoniumkväve. Det är en mycket viktig miljöeffekt, som även kan ha stor ekonomisk betydelse i ekologisk växtodling utan idisslare.

Biogasproduktion och användning

Biogasproduktion har pågått sedan andra hälften av 1800-talet med länder som Kina och Indien som pionjärer. I Sverige har biogasteknik framför allt använts på reningsverk för att stabilisera slam, men efter energikriserna på 1970-talet ökade intresset för att använda biogasteknik till att framställa förnybar metangas från andra organiska material (till exempel gödsel och industriellt avloppsvatten). Under 1970–80-talen byggdes bio-

gasanläggningar på bland annat sockerbruk och massafabriker för att rena avloppsvattnet. I samma period byggdes flera mindre gårdsbiogasanläggningar på lantbruk för rötning av gödsel. Under 1980-talet byggdes många anläggningar för att utvinna biogas från avfallsdepåer. Sedan mitten av 1990-talet har flera anläggningar som behandlar fast avfall från livsmedelsindustrier och matavfall byggts.

Biogas i våra grannländer – en utblick Danmark

I Danmark finns för närvarande 20 ”biogasfællesanlæg”, gemensamhetsanläggningar, och 60 enskilda gårdsanläggningar. Gemensamhetsanläggningarna levererar gas till kraft- och värmeverk och gårdsbiogasanläggningarna levererar energi till egen förbrukning, oftast el och värme.

I Danmark satsar man för närvarande inte på att uppgradera biogas till fordonsbränsle. Ett statligt stöd utgår till kraft- och värmeproduktion från biogas.

Det lämnas statligt stöd till nya biogasanläggningar i Danmark och man räknar med att flera nya anläggningar kommer att byggas de närmaste åren.

Finland

I Finland fanns år 2000 15 biogasanläggningar vid olika reningsverk, med totalt 39 reaktorer. På senare år har två anläggningar byggts som behandlar fast hushållsavfall. Det finns fyra anläggningar som behandlar avfall från industrin och fem gårdsbiogasanläggningar. Det finns ett klart ökat intresse för biogasproduktion på gårdsnivå.

Norge

I Norge finns endast ett fåtal biogasanläggningar som går på olika typer av avfall. För närvarande planeras ytterligare tre till fyra anläggningar och intresset för att göra biogas av råvaror från lantbruket är starkt ökande. Man provar även att köra bussar på biogas.

Tabell 1. Biogasproduktionen i Sverige 2001*

Produktionstyp	Energiproduktion	
	Antal	(TWh**/år)
Avloppsreningsverk	134	0,81
Depåer/rötceller	56	0,43
Industriella avlopp	8	0,09
Samrötningsanläggningar	10	0,03
Lantbruk	6	0,01
Pilotanläggningar	5	0,01
Totalt	219	1,38

* Källa: Svenska Biogasföreningen, www.sbgf.org.

** 1 TWh = cirka 100 000 m³ olja.

Tyskland

I Tyskland har man sedan flera år från regeringens sida lämnat ekonomiskt stöd till elproduktion från biogasanläggningar. År 2002 fanns cirka 2 000 biogasanläggningar, varav de flesta var av typen gårdsanläggningar. I dessa anläggningar används framför allt gödsel och avfall från hushåll och industri, men även energigrödor blandas in i dessa råvaror.

Under 2004 antogs en ny lag i Tyskland, som gynnar elproduktion från enbart energi-

grödor. Detta har medfört ett nytt uppsving i byggnationen av biogasanläggningar i Tyskland. Man beräknar att flera hundra anläggningar kommer att byggas innan 2005 års utgång. Den dominerande grödan för energiproduktion här är majs, men även vall används, liksom solrosor med mera. ”Växtkraft – inte för grönsaksbuljongen utan för glödlampan” lyder det nya slagordet för den tyska biogasnäringen. Många ekologiska lantbrukare satsar på denna nya produktion.



Biogasanläggning utanför Hannover i Tyskland där de rötar energigrödor. Foto: Kjell Christensson.

Så bildas biogas

Biogasprocessen är *anaerob* vilket innebär att den äger rum utan tillförsel av syre. Anaerob nedbrytning av organiskt material (gödsel, vall med mera) är en komplicerad mikrobiologisk process, där flera olika grupper av mikroorganismer samverkar.

Nedbrytningen till biogas sker i flera steg (se bild nedan). Det första steget kallas hydrolys. I detta steg sönderdelas stora molekyler till mindre med hjälp av enzymer som utsöndras av så kallade hydrolytiska bakterier. Dessa och andra bakterier utnyttjar sedan hydrolysisprodukterna och fermenterar (jäser) dem till flyktiga syror. Detta steg, då kolhydrater, fett och protein bryts ner till framför allt fettsyror som ättiksyra, smörsyra, propionsyra, valeriansyra och kapronsyra, kallas för syrabildningen. Förutom syror bildas även vätgas (H_2) och koldioxid (CO_2) vilka även har betydelse i nedbrytningsförloppet.

Det sista nedbrytningssteget är det så kallade metansteget. Detta steg omfattar en omvandling av ättiksyra samt väte + koldioxid till slutprodukterna metan och koldioxid. De två olika nedbrytningsvägarna kräver två olika typer av metanbildande mikroorganismer.

Metanbildande mikroorganismer förekommer i de flesta syrefria miljöer. De finns även i kons våm.

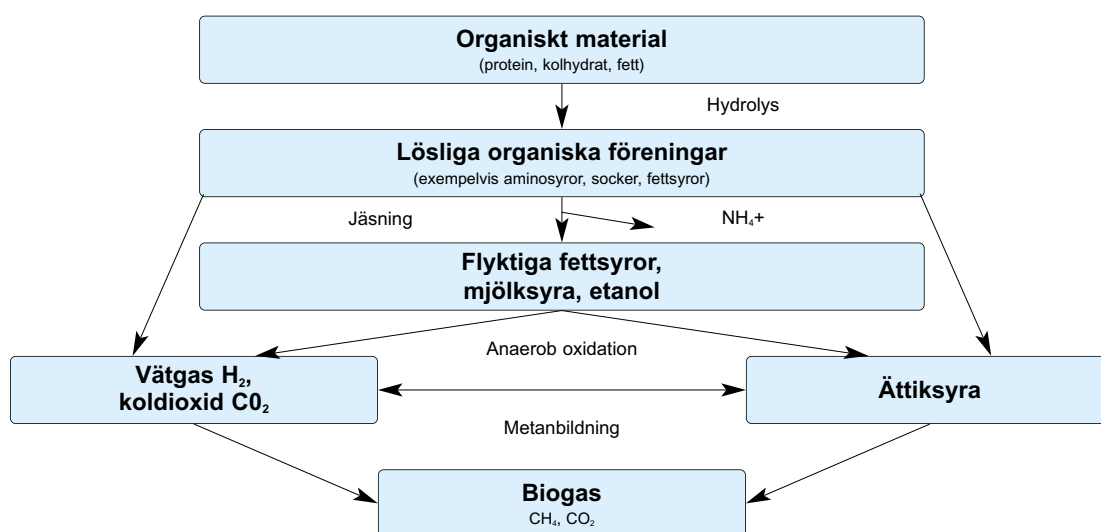
Om biogasprocessen utförs vid 35–40 °C, så kallas den mesofil och är en vanligt förekommande process. Termofil process utförs vid 50–55 °C och av delvis andra mikroorganismer.

För att mikroorganismerna ska trivas måste temperaturen vara jämn, lagom sur och helt syrefri. De måste även få tillräckligt med substrat.

Under processen sker en luktreduktion och en viss hygienisering av materialet. Efter rötningsprocessen är växtnäringen i materialet lättare tillgänglig för växterna.

I den anaeroba processen omvandlas en stor del av energin i materialet till metangas, medan endast mindre mängder biomassa och värme bildas. För att bibehålla temperaturen i en anaerob process måste energi nästan alltid tillföras. I en modern biogasanläggning kan mängden erforderlig värme uppgå till mellan 15–20 % av den producerade energimängden.

En *aerob* process (kompostering) innebär att det finns tillgång till syre. Vid den aeroba nedbrytningen är produktionen av värme och biomassa betydligt större och den processen är självvärmande.



Schematisk illustration av den mikrobiologiska anaeroba nedbrytningen av komplext organiskt material till metan (CH_4) och koldioxid (CO_2), det vill säga biogas.

Olika typer av rötningssätt

Den vanligast förekommande processtypen har utvecklats för rötning av flytande material, som slam och gödsel. Rötningen sker kontinuerligt i en omrörd tank av betong eller stål. En vanligt förekommande uppehållstid är 20–25 dagar, det vill säga att behållaren ska rymma 20–25 dagars inmatning av substrat. Det förekommer även längre uppehållstider. I Tyskland kan man ligga ända uppe på 50–60 dagars uppehållstid vid rötning av energigrödor. Uppehållstiden bestäms bland annat av hur lättnedbrytbart substrat som används. När rötningstanken är fylld tappas vid inmatning ut samma mängd material som matas in. Det utmatade materialet förs över till en efterrötnings-tank som är en gödselbehållare med gastätt tak och med möjlighet att samla upp den biogas som produceras här. När materialet är färdigrötat går det vidare till en vanlig lagringsbehållare som även den bör ha någon typ av täckmaterial för att förhindra kväveläckage (se avsnittet om lagring). Efterrötnings-tanken är ett viktigt steg för att förhindra metanförfluster i atmosfären.

Förutom kontinuerlig rötning, där substrat tillförs i ett kontinuerligt flöde, kan inmatning göras semikontinuerligt, det vill säga i mindre delsatser, eller satsvis, där hela behållaren töms och laddas på nytt.

Biogasprocess

Rötkammaren körs oftast med en *mesofil* process (35–40 °C). Alternativ kan vara en *termofil* (55–65 °C) eller en *psykrofil* process (15–30 °C).

Ju högre temperaturområde, desto snabbare nedbrytning, men också större behov av isolering och/eller tillförsel av värme för att hålla processtemperaturen.

Biogasprocessen kan utformas på flera olika sätt, bland annat beroende på vad det är som ska rötas. Den kan vara utformad för att passa avloppsvatten (från industri, eller rejektvatten från avvattnings) eller slamformigt material (exempelvis flytgödsel, avloppsslam med torrsubstanshalter upp till 12–15 %). Den kan också vara anpassad för fast material (exempelvis hushållsavfall, olika växtmaterial, med torrsubstanshalt över 20–25 %).

Material med höga torrhalter kan rötas i anläggningar för flytande substrat antingen genom att blandas med exempelvis flytgödsel eller, för att slippa använda färskvatten, genom att spädas med redan utrötad vätska. I det senare fallet sker en anrikning av bland annat ammoniumkväve, vilket kan ses som en fördel när man ska sprida rötresten. Dock kan biogasprocessen hämmas när ammoniakhalten ökar.

Material med höga torrhalter (växtmaterial eller avvattnat slam) kan även behandlas i en tvåfasprocess eller tvåstegsrötning.

Olika biogasprocesser

Satsvis enstegsprocess innebär att råvaran ligger på samma plats under hela rötningsprocessen utan att annat material matas in eller ut. Olika grader av omblandning kan förekomma. Vid satsvis rötning i rötkammare tas allt material ut efter avslutad rötning. En vanlig, satsvis, enstegsprocess är deponigas-anläggningen, där materialet bryts ner i stora satser utan omrörning.

Kontinuerlig enstegsprocess är den vanligast förekommande processen som alla rötningsanläggningar för slam och flytgödsel bygger på. Råmaterialet tillförs rötkammaren antingen kontinuerligt (i ett jämnt flöde) eller semikontinuerligt (i mindre satser). Omrörningsgraden kan variera, men den totalomblandade processen är vanligast.

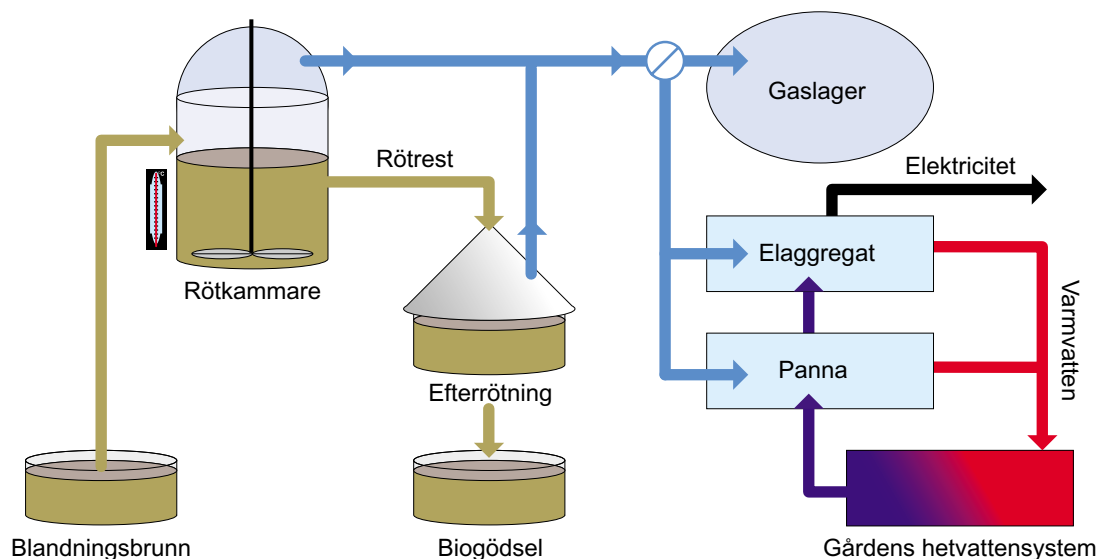
Pluggflödesprocess används ibland vid rötning av fast material. I en sådan anläggning stoppas materialet in i ena änden på en reaktortank medan det utrötade materialet tas ut i andra änden. I ett idealt pluggflöde sker ingen omblandning av materialet. För att påskynda nedbrytningen blandas aktivt material, ”ymp”, in i materialet innan inmatning i anläggningen.

Anaerobfilter fungerar bra för spillvatten och slam med lågt innehåll av fast material. I ett anaerobfilter använder man sig av bärrmaterial, oftast av plast, så kallade fyllkroppar där mikroorganismerna kan fästa. Halm har ibland använts som bärrmaterial med ganska gott resultat, men eftersom den måste bytas ut med jämna mellanrum saknar den många av de fördelar som fyllkropparna har. I ett

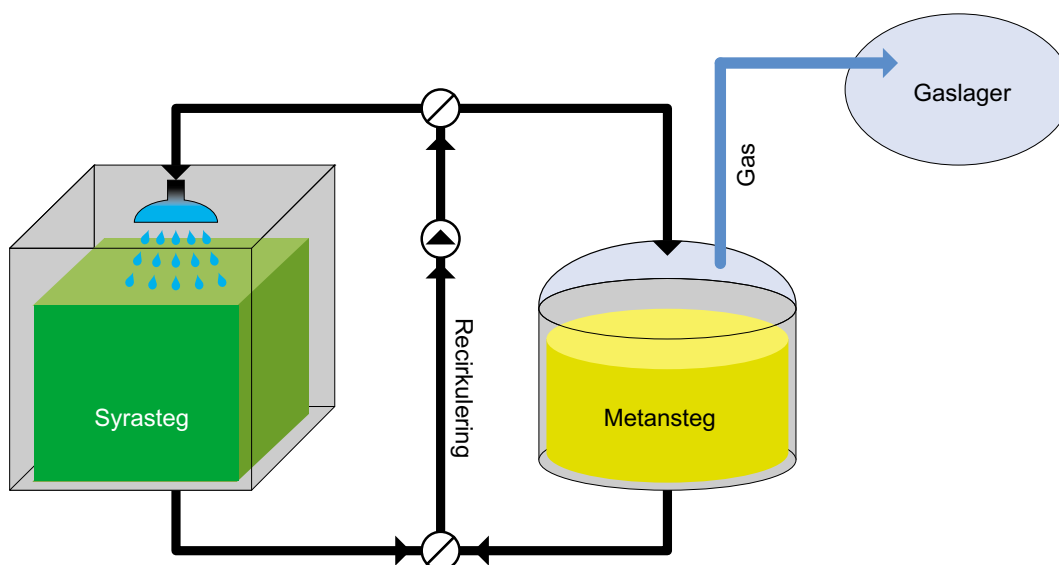
anaerobfilter kan koncentrationen av mikroorganismer hållas hög, vilket medför snabb nedbrytning. Anaeroba filter drivs som regel med ett kontinuerlig flöde och är oftast en enstegsprocess med pluggflöde.

Tvåstegsprocess innebär att nedbrytningsprocessen delats upp i två steg. I steg ett sker

syrabildningen separat och metanbildningen sker i steg två. Genom fassetparering mellan de olika stegen kan avskilt, syrarikt lakvatten överföras till ett metanfilter (anaerobfilter). Fördelen med tvåstegsprocessen är att de olika nedbrytningsstegen kan optimeras var för sig.



Schematisk bild över ett biogassystem med en kontinuerlig enstegsprocess.



Tvåstegsprocess.

Gasanvändning

Den producerade biogasen kan användas på olika sätt. Den ekonomiska ersättningen för gasen bestäms närmast av vilket energisystem som byts ut mot den producerade biogasen.

Uppvärmning

Tekniken är enkel. Gasen värmer vatten genom en gaspanna som sedan används till uppvärmning. Under sommaren när behovet av värme är lågt kan det vara svårt att få avsättning för gasen.

Kraftvärme

Att producera kraft + värme är en etablerad teknik i bland annat Tyskland och Danmark där man har högre elpriser än i Sverige. Det kan även vara lönsamt i Sverige under vissa förutsättningar. I dagsläget kan biogasproducerad el säljas genom ett så kallat grönt certifikat som ges till el som produceras genom förnyelsebara energikällor. Förutom det vanliga elpriset betalas i november 2004 20–25 öre per kWh. Priset förändras med tillgång och efterfrågan.

Ungefär 1/3 av energin i den producerade gasen fås som el, resten fås som varmvatten och kan användas för uppvärmning.

Fordonsdrift

För att kunna använda gasen till drivmedel krävs att koldioxiden tas bort från gasen. I dagsläget finns den tekniken endast för storskalig biogasproduktion, men forskning pågår och kommer att göra det möjligt att i framtiden använda även den småskaligt producerade gasen till bränsle på ett kostnadseffektivt sätt.

Ett förslag till införande av så kallade gröna certifikat för förnybart fordonsbränsle, där biogas är det i särklass mest fördelaktiga för miljön, är för närvarande (januari 2005) under behandling. Förslaget syftar till att öka produktion och användning av förnybara fordonsbränslen.



Gasdriven Opel Zafira, som används av projektet "Agrigas". Foto: Kjell Christensson.



Plönningeskolans gaspanna. Foto: Anna Hansson.

Biogas och miljön

En biogasanläggning har en positiv inverkan på miljön på flera sätt. Produkterna som lämnar biogasanläggningen, gas och biogödsel, har en direkt påverkan på miljön, och det faktum att biogasanläggningen använder olika typer av organiska restprodukter ger dessutom indirekt en positiv påverkan på miljön.

Minskade förluster av kväve till vatten och luft

Genom att röta stallgödsel, skörderester eller andra organiska material som kan användas som gödselmedel, blir kvävet mer lättillgängligt för växterna. Detta innebär att man får ett effektivare kvävegödselmedel vilket tillåter bättre precisionsgödsling, och därmed förbättrat kväveutnyttjande och minskad risk för förluster av kväve via ammoniakavgång och nitratläckage.

Kväveförlusterna genom denitrifikation (omsättning av nitrat till kvävgas) är väsentligt lägre från rötad gödsel än från obehandlad gödsel. Vid rötning av gödsel reduceras innehållet av kol i gödseln. När den rötade gödseln tillförs marken förbrukas mindre syre vid nedbrytningen och denitrifikationen minskar.

Reducering av växthusgaser

Biogasen kan användas för olika energiändamål vilket också leder till miljövinster. Hur stora dessa blir beror på vilket energisystem som byts ut. När gasen byts ut mot till exempel olja minskar behovet av ändliga resurser, koldioxidutsläppen minskar med mera. Biogas kan användas för värme- och elproduktion, och som drivmedel för traktorer och bilar efter uppgradering. Ur miljösynpunkt är det viktigt att producerad biogas inte släpps ut oförbränd då detta är negativt ur växthusgas-synpunkt. Det är därför viktigt att den metan som bildas under efterrötningen samlas upp i en gastät efterrötningstank.

Biogas från gödsel kan medföra stora minskningar av växthusgaser tack vare indirekta miljövinster när spontana emissioner av metan från konventionell gödselhantering och lagring kan reduceras.

Luktminskning av stallgödsel

Rötningsprocessen reducerar gödselns innehåll av illaluktande komponenter. I undersökningar har man sett att nyspridd rötad gödsel luktar cirka 25 % mindre än orötad nyspridd gödsel.

Smittspridning

Det finns alltid en risk att obehandlad gödsel innehåller patogener som sprids mellan gårdarna när man köper in gödsel. Rötning i 35 °C i 20 dagar, som är vanligt vid rötning av gödsel, ger reduktion av en rad patogener men det behövs en termofil process (55 °C) för att få en säker hygienisering av alla typer av patogener.

Minskad spridning av ogräsfrö

I den ekologiska odlingen är det viktigt att hålla nere förrådet ogräsfrö i jorden. Genom att låta det organiska materialet som gödsel och olika växtprodukter behandlas i en biogasprocess reduceras antalet groende ogräsfrön. Danska studier har visat att antalet gröningsbenägna frön minskade för flera ogräsarter redan efter några dagar i en mesofil process på cirka 35 °C.

Biogas – växtodlingsgårdens kvävebalans samt påverkan på intäkterna

I de tre olika gårdsexemplen nedan har vi försökt att beskriva hur en växtodlingsgårds kvävecirkulation och intäkter påverkas med eller utan en biogasanläggning i systemet.

Vi har räknat med att fosfor- och kaliumklassen i marken ligger på 3 och uppåt och att man strävar efter att tillföra maximalt de mängder växtnäring till odlingsystemet som motsvarar bortförseln av fosfor och kalium på gården.

Gård 1: Ekologisk växtodlingsgård utan biogasproduktion

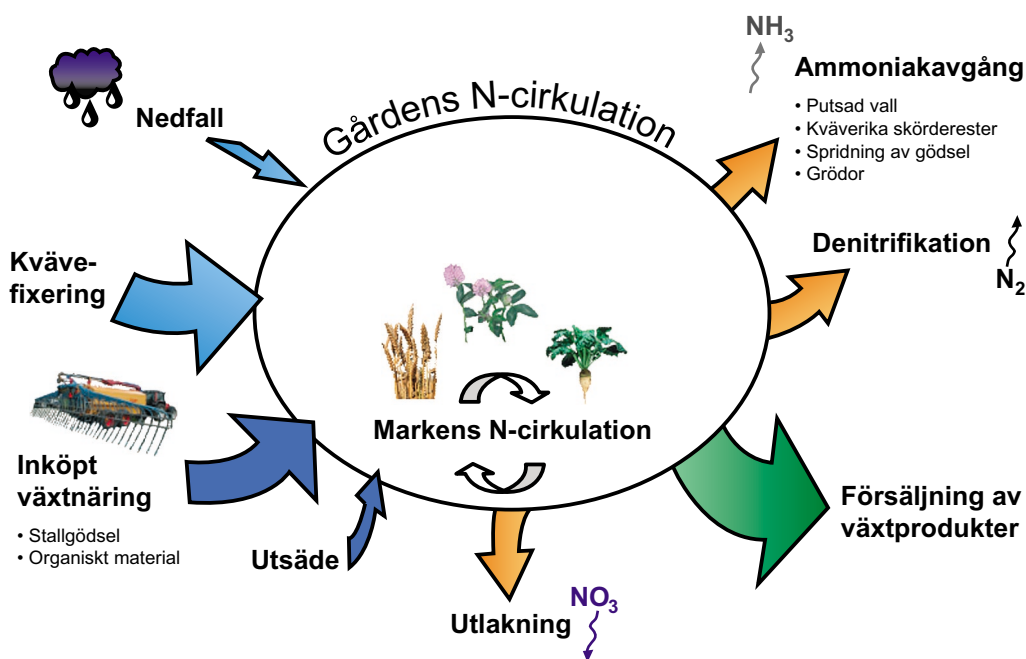
Växtnäring, till exempel genom stallgödsel, köps in till gården motsvarande den fosfor och kalium som förs bort ifrån gården genom försålda växtprodukter. Gödseln sprids till de grödor som bäst behöver kvävet och till de grödor som det är möjligt att sprida gödseln

till beroende på gödselns form. Har man bara tillgång på fast gödsel är det till exempel svårt att sprida gödsel på höstsådda grödor på våren.

Gårdens kvävefixerande grödor fixerar kväve från atmosfären som sedan kan utnyttjas av grödorna i odlingsystemet.

Kväve försvinner från odlingsystemet genom:

- Ammoniakavdunstning när den klöverrika vallen putsas och det kväverika materialet får ligga kvar på marken och när andra kväverika skörderester får ligga kvar på markytan efter skörd (till exempel betblast).
- Ammoniakavdunstning när gödseln sprids.
- Utlakning, det sker främst på höst och vinter från obevuxen mark och vid de olika bearbetningstillfällena.
- De växtprodukter som gården säljer.



Gård 1 – Kvävecirkulation på ekologisk växtodlingsgård utan biogasproduktion.

Gård 2: Ekologisk växtodlingsgård med en biogasanläggning som är anpassad till gårdens råvaror.

Grön gödselingsvallen skördas och grönmassan rötas tillsammans med skörderester som blast och annat i biogasanläggningen. Kvävefixeringen i vallen ökar genom att den skördas och inget kväve från grönmassan håller nere fixeringen. Risken för ammoniakavdunstning minskar eftersom inget kväverikt material ligger kvar på markytan. Eftersom kvävet i rötresten utnyttjas blir andelen kväve i marken lägre under höst och vinter och risken för utlakning och denitrifikation minskar. Genom att kvävefixeringen blir större och kväveförlusterna minskar ökar mängden kväve till odlingsystemet.

Kvävet i grönmassan och skörderesterna mineraliseras i rötkammaren till en för grödorna tillgängligare form. Gården får tillgång till en flytande rötrest som sedan kan spridas vid en tidpunkt och till de grödor som behöver kvävet bäst. Höstsådda grödor kan gödulas på våren och kvalitetsgrödor, som till exempel brödvete, kan stärka sin kvalitet genom en ökad kvävetillförsel vid rätt tidpunkt. Mer lättillgängligt kväve spritt vid rätt tidpunkt ger en ökad skörd och kvalitet och det ger i sin tur ökade intäkter.

Samma mängd gödsel som på gård 1 köps in för att täcka bortförseln av fosfor och kalium.

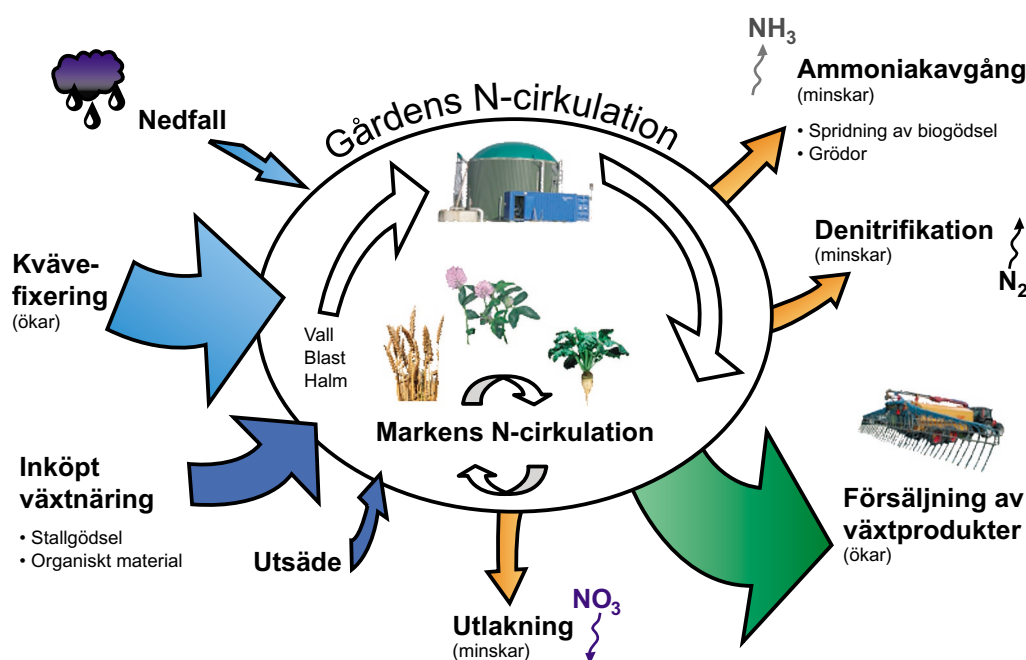
Från rötkammaren får man gas som kan användas till uppvärmning, elproduktion eller drivmedel. Gården producerar själv sin energi och minskar sitt beroende av andra energikällor som till exempel fossila bränslen. Om biogasen ersätter de fossila bränslena på gården, så minskar miljöbelastningen på atmosfären genom att nettotillförseln av koldioxid minskar.

Jämförelse gård 1 och 2 – hur påverkas miljön?

- + Minskad ammoniakavdunstning
- + Minskad kväveutlakning och denitrifikation
- + Bättre kväveutnyttjande i grödorna
- + Om biogasen ersätter fossila bränslen, så minskar växthuseffekten (nettotillförseln av koldioxid till atmosfären ökar inte)

Jämförelse gård 1 och 2 – hur påverkas intäkterna?

- + Högre skördar och kvalitet genom ökade kvävegivor och bättre kvävestyrning
- + Gas till värme, el eller drivmedel till egen förbrukning eller försäljning



Gård 2 – Kvävecirkulationen på ekologisk växtodlingsgård med biogasanläggning anpassad till gårdens råvaror.

Gård 3: Växtodlingsgård med en biogasanläggning med en kapacitet att, förutom de egna råvarorna, ta emot råvaror utifrån exempelvis restprodukter från samhället

Biogasanläggningen byggs större än för de egna råvarorna för att kunna ta emot restprodukter från samhället, till exempel från livsmedelsindustrin. Som regel finns det möjligheter att få ersättning för att man tar emot detta material. Tillförseln täcker gårdens bortförsel av P och K och inget inköp av växtnäring behövs. Eventuellt kan den rötrest som inte behövs på den egna gården säljas. En annan möjlighet är att ta emot vallskördar från gårdar i närheten.

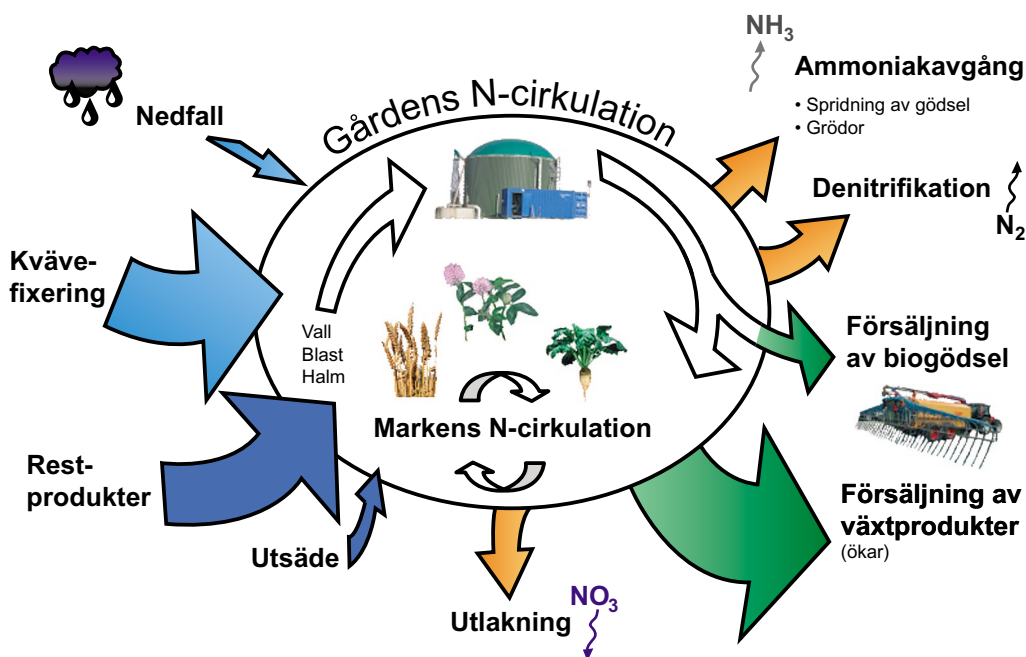
Gasutbytet ökar och därmed möjligheterna till en ökad självförsörjning av energi på gården och till försäljning. Gårdens kvävecirkulation påverkas troligen inte mycket, ett undantag är om mycket kväverikt material förs in, för då ökar tillgången på kväve i växtodlingen.

Jämförelse gård 2 och 3 – hur påverkas miljön?

- + Ökat gasutbyte ger mindre behov av fossila bränslen och belastningen på atmosfären minskar
- + Om inköpt fastgödsel byts ut mot flytande rötrest, så minskar utlakningen (kvävet i flytande rötrest är lättare att styra till grödornas behov)

Jämförelse gård 2 och 3 – hur påverkas intäkterna?

- + Ökat gasutbyte och mer energi till gården att täcka sitt eget behov och till försäljning
- + Försäljning av rötrester
- + Ersättning för att ta emot restprodukter från samhället
- + Inget behov av inköpt växtnäring
- + Högre skördar och kvalitet genom ökade kvävegivor (i de fall mycket kväverikt material förs in i processen)



Gård 3 – Kvävecirkulation på ekologisk växtodlingsgård med en biogasanläggning större än det egna behovet.

Råvaror och rötning

Om man bara rötar ett ”rent” substrat, som till exempel industriavfall, så kan man få näringsbrist och dålig tillväxt av mikroorganismer. Vanligast är brist på kväve, det vill säga fel kol/kvävekvot. Den bör ligga runt 15–30, det vill säga 15–30 gånger mer kol än kväve. När man har för lite kväve får man även låg ammoniumhalt, vilket ger en låg buffertkapacitet och stor känslighet för störningar med låga pH. Dessutom vill man gärna ha mycket kväve, särskilt ammoniumkväve, i rötresten.

Gödsel har däremot ofta för mycket kväve, svinggödsel innehåller till exempel 4 g/liter $\text{NH}_4\text{-N}$. Kvävet form har också betydelse för processen. Från 0,1 g/liter $\text{NH}_3\text{-N}$ (kväve i form av ammoniak) i processen kan verka hämmande. I försök som körts länge har man dock sett en anpassning och en tolerans av upp till 1,1 g/liter $\text{NH}_3\text{-N}$.

Jämvikten mellan ammoniak och ammonium påverkas främst av pH och temperatur. Ju högre pH och högre temperatur, desto mer ammoniak och mindre ammonium. Vid pH 8 och 37 °C är till exempel 10 % i form av ammoniak. Därmed kan gränsvärdet på 0,1 g/liter ammoniak lätt passeras och det finns stor risk för en hämrad röttningsprocess. Svinggödselrötning vid pH 8 har alltså 0,4 g/liter N i form av ammoniak och är inom risken för hämrad process. pH under rötningen beror i hög grad på vilket material man rötar.

Det finns flera andra faktorer som kan hämma processen, till exempel för mycket fetter, höga metallhalter med mera. Men för mycket eller för litet kväve är det vanligaste problemet.

Samrötning av olika råvaror kan ge ökat gasutbyte. I en pilotstudie i Agrigas-projektet gav rötning av bara potatis 0,26 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg VS}$. Rötning av bara betblast gav 0,22 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg VS}$. Vid samrötning förväntades utbytet bli 0,24, men blev istället 0,39 $\text{m}^3 \text{CH}_4/\text{kg VS}$, det vill säga 62 % mer metan än förväntat. Andra studier har gett liknande resultat, till exempel gav samrötning godisrester + kogödsel 60 % högre metanutbyte än förväntat. Även kombinationen av gödsel och vall har visat sig öka metanutbytet i jämförelse med rötning av råvarorna var för sig.

Valet av råvaror påverkar rötrestkvaliteten på flera sätt: förutom att innehållet av kväve varierar med valet av råvaror påverkas även innehållet av både önskade och oönskade ämnen. Noggrannhet vid val av råvaror är därför viktigt om man vill använda rötresten som gödsel och man vill ha ett högt gasutbyte.

Gasutbyte från olika material

Olika typer av organiskt material ger olika utbyten av metan. Metanutbytet påverkas av materialets sammansättning, röttningsmetod med mera.

Genom att kombinera (samröta) olika typer av organiska material kan det totala gasutbytet ökas.

I biogasbranschen används bland annat uttrycket Volatile Solids (”VS”), vilket är detsamma som svenska analysprotokoll anger som ”glödförlust”, det vill säga nedbrytbart material. VS är alltså detsamma som torrsustanshalten minus askhalten. Askhalten kan variera beroende på material men ligger ofta på cirka 5–15 % av torrsustanshalten.

Tabell 2. Ungefärligt utbyte av metan per ton organisk substans (”VS”)

Klöver/gräsvall	cirka 330 m^3
Betblast	cirka 350 m^3
Flytgödsel, ko	cirka 150 m^3
Samrötning vall/kogödsel	cirka 300–350 m^3
Matavfall	cirka 400 m^3
Fettavskiljarslam	cirka 700 m^3

1 m^3 metan motsvarar ~ 1 liter olja, 1 m^3 metan motsvarar ~ 10 kWh.

Eftersom det åtgår energi för att hålla temperaturen uppe i processen blir nettoutbytet cirka 20 % lägre.

Den rötade restprodukten

En rötrest är den restprodukt som kvarstår efter det att ett material har rötats. Det slutliga innehållet i rötresten påverkas av det material som använts i biogasanlägggen, vilken röttningsprocess som använts, uppehållstid i röttningskammaren och hur stor grad av det införda materialet som rötats (utröttningsgrad). Innehållet i en rötrest kan alltså variera

mycket och då även växtnäringsutnyttjandet i växtodlingen.

Vilka rötrester kan användas i ekologisk odling?

Det är materialets ursprung som bestämmer om det är tillåtet att använda det i ekologisk odling efter att ha genomgått en rötning. För



Rödklöver fungerar bra att röta. Foto: Anna Hansson.



Skörd av betblast. Foto: Anna Hansson.

gödsel och jordförbättringsmedel som inte är producerade på den egna gården ska växtnärbearbejdningsbehovet på gården prövas innan det används. Är gården ansluten till KRAV gör KRAV denna prövning. I annat fall ska länsstyrelsen göra en förprovning innan gödseln eller jordförbättringsmedlet används.

Växtmaterial, skörderester och stallgödsel

Avslagna gröngödslingsväxter, skörderester, halm och andra växtrester är tillåtna att användas som gödselmedel efter rötning. Detta gäller även växtmaterial från konventionell odling. Rötrestens innehåll beror på vad som har rötats, vilket innehåll ursprungsmaterialet har haft, vilken process som använts, uppehållstid i röt-kammaren och utrötningsgrad.

Stallgödsel som är tillåten att användas i ekologisk odling kan rötas och rötresten sedan spridas i växtodlingen.

Restprodukter och tätortsavfall

Det avfall från tätorter som i dag får användas inom ekologisk livsmedelsproduktion (och som kan vara aktuella att röta) är enligt KRAV och EU-förordningen kortfattat följande (för fullständiga regler se KRAV:s regler 2004 sidan 66–69 eller ”Stöd för miljövänligt jordbruk 2004”):

- *Avfall från hushåll, restauranger och storkök (måste fermenteras eller komposteras):* är i princip tillåtet förutsatt att tillsatta ämnen inte gjort avfallet olämpligt att sprida. Avfall från hushåll, restaurang och storkök ska enligt EU-förordningen hygieniserats vid 70 °C i en timme. För hushållsavfall krävs ett slutet insamlingssystem som är godkänt av KRAV och Jordbruksverket. Vid KRAV-godkänd produktion måste hushållsavfall och avfall av animaliskt ursprung godkännas av KRAV innan det får användas. Kontakta dock alltid KRAV för detaljerade regler.
- *Livsmedelsavfall från butiker:* för livsmedelsavfall från butiker gäller speciella regler. Kontakta därför KRAV för att få detaljerade regler!
- *Avfall från livsmedels-, textil-, och skogsindustri:* inga processer eller tillsatser får ingå som gjort avfallet olämpligt. Kontakta alltid KRAV för detaljerade regler.

- *Restprodukter av animaliskt ursprung:* slaktrester ska vara hygieniserade och godkända som KRAV-godkända produktionshjälpmedel. Slaktbiprodukter, till exempel benmjöl, hornmjöl, hårmjöl, köttmjöl, päls och hår, ska vara veterinärbesiktade och steriliserade på ett sätt som oskadliggör BSE (minst 133 °C under minst 3 bars tryck i minst 20 minuter). Blodmjöl ska vara av livsmedelskvalitet. Hygieniserade slaktrester får inte spridas på slåtter- och betesvall eller grönfoder. Notera att KRAV har högre krav på sterilisering av avfall av animaliskt ursprung än EU-förordningen (hygienisering i 70 °C i en timme).
- *Allt organiskt material producerat på den egna gården:* KRAV och Jordbruksverket tolkar EU:s förordning så att hushållskompost, slam från den egna trekammarbrunnen liksom eventuell urin och träck från den egna bostadens källsorterade toaletter kan användas. Om gården har omfattande besöksverksamhet, så ska frågan prövas av KRAV. Däremot får inte dessa biprodukter/gödselmedel användas om de kommer från andra ställen, till exempel ekobyar.

För samtliga dessa rester gäller dock att de måste uppfylla de krav på renhet som ställs. Innan de tas i bruk är det därför lämpligt att kontakta KRAV och Jordbruksverket.

Tillåtna, alternativt KRAV-godkända jordförbättringsmedel

Tillåtna jordförbättringsmedel

För alla angivna produkter som är tillåtna som jordförbättringsmedel men inte är godkända av KRAV gäller att lantbrukaren som använder produkten tar ansvar för att det inte innehåller enligt KRAV otillåtna ämnen. Lantbrukaren ska därför ha dokumentation som visar vad som används och vad det innehåller. Är man osäker på vad som gäller kan lantbrukaren göra en regelförfrågan till KRAV med dokumentation och analyser på innehållet. Svaret gäller bara lantbrukaren som gjort förfrågan och kan alltså inte marknadsföras som KRAV-godkänd.

KRAV-godkända jordförbättringsmedel

Vill ett företag få en restprodukt godkänd av KRAV lämnas en ansökan tillsammans med en komplett dokumentation till KRAV. Blir

produkten godkänd kan den marknadsföras som KRAV-godkänd. Det är företaget som har ansvaret att produkten är tillåten i KRAV-odling.

Storskalig producerad rötrest

I dagsläget finns det ingen rötrest från storskalig biogasproduktion som är godkänd för användning i KRAV-odling. Faktorer som gör att det omöjligt att KRAV-godkända en storskaligt producerad rötrest kan vara:

- Hygieniseringen av slakteriavfallet är inte tillräcklig enligt KRAV:s regelverk som kräver att det ska steriliseras på ett sätt som oskadliggör BSE (minst 133 °C under minst 3 bars tryck i minst 20 minuter). Det normala är att det görs en hygienisering vid 70 °C i en timme som är tillräckligt enligt EU-förordningen.
- Anläggningen tar emot slaktsvingödsel från konventionella producenter som inte är tillåten att använda enligt det ekologiska regelverket.

Det kan finnas förutsättningar att få fram en rötrest som går att certifiera enligt KRAV om renhållningsbolagen ser att det finns en lönsam avsättning för produkten.

Hantering av rötrester

Lagring av rötrester

När det färdigrötade materialet lämnar efterröttningsbehållaren (med gastätt lock där metan från efterrötningen samlas upp) går den ner i ett gödsellager. Det bildas inte något egentligt svämtäcke på rötresten under lagring som minskar ammoniakavgången utan det är nödvändigt med någon typ av täckmaterial. Danska studier med rötad gödsel har man sett att kväveförlusterna vid lagring utan något svämtäcke kan bli upp mot 20 % av totalkvävet. Den rötade gödseln har ett högre pH och en högre halt av ammoniumkväve än obehandlad gödsel och detta tillsammans med ett dåligt svämtäcke ökar risken för avdunstning.

Man har visat att genom att täcka rötresten med hackad halm (10 kg halm/m²) reduceras ammoniakavdunstningen med 80 % och att täckning med lecakulor minskar ammoniak-

avdunstningen ytterligare. Lecakulor kan dock ställa till problem i pumpar med mera och det finns andra täckmaterial som är mer intressanta.

Viktigt med omrörning innan spridning

Under lagringen av rötrest bildas ett fiberrikt bottensediment med en högre torrsubstanshalt och ett mer lättflytande vätskeskikt. Fosfor, svavel och de flesta mikronäringsämnena förekommer i störst koncentration i den tjockflytande fasen vid botten. Vattenlösliga näringsämnen som ammoniumkväve och kalium finns däremot nästan jämt fördelat i behållaren. För att få en homogen blandning såväl fysiskt som växtnäringsmässigt i samband med spridning behöver rötresten blandas före spridning.

Har man skiften med låga fosforklasser

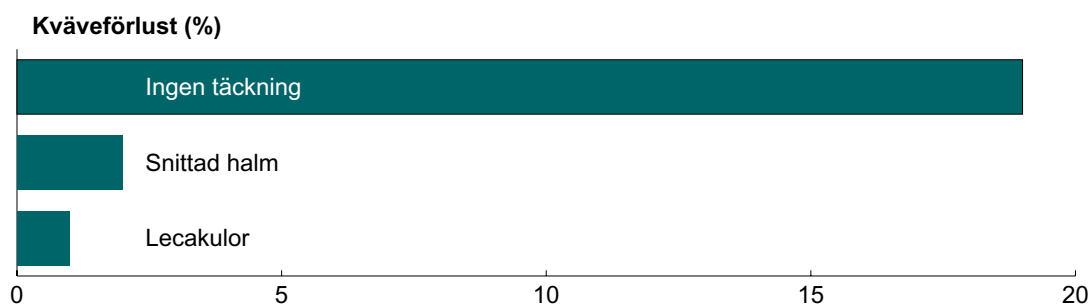


Diagram 1. Ammoniakförluster vid olika täckmaterial. Källa: Ammoniakfordampning, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret. www.lr.dk/biogas.



Påfyllning av släpplangspredare. Foto: Anna Hansson.

kan man med fördel sprida den tjockflytande rötresten på dessa fält.

Spridning

Flytande rötresten har som regel en lägre torrsubstanshalt än flytgödsel och fungerar bra att sprida med släpplangspridare eller med spridare med nedmyllningsaggregat för flytande gödsel.

Rötresterna är mer tunnflytande än flytgödsel och tränger snabbare ner i jorden eller rinner lättare av växterna vid spridning i växande gröda och det är positivt ur kvävesynpunkt. Rötresten har dock ofta högre pH och en högre halt av ammoniumkväve än flytgödsel och det gör att riskerna för kväveförluster genom ammoniakavdunstning kan vara stor vid spridning av rötresten. Detta gäller speciellt vid höga temperaturer. Det är därför extra viktigt att ha rätt väderleksbetingelser vid spridningen och snabbt bruka ner gödseln i jorden för att minimera riskerna för kväveförluster.

Spridning före sådd till vårgörödor med lång vegetationsperiod ger som regel bäst kväveutnyttjande och det är viktigt att rötresten sprids jämt.

I Danmark har man under de senaste 15 åren genomfört en rad försök med rötad och örötad gödsel som ligger till grund för de rekommendationer man nu har för användning av rötad gödsel.

I 15 försök i höstvet 1999–2001 studerade man olika spridningsmetoder vid spridning i växande gröda på våren. Nedmyllningen gav

inte högre skörd än släpplangspridd gödsel men proteinhalten blev högre i skörden. Kväveutnyttjandet var alltså bättre när gödseln spreds genom nedmyllning. Bäst effekt av nedmyllningen hade man när risken var stor för ammoniakavdunstning, det vill säga när rötresten har högt pH och hög torrsubstanshalt. Störst effekt av nedmyllningen fick man om den spreds tidigt på våren, i början av april. Att notera är dock att i försöken har man inte tagit körskadorna i beaktande.

Danska rekommendationer för spridning av rötad gödsel i konventionell odling

Dansk Landbrugsrådgivning har sammanställt rekommendationer för optimal användning av rötad gödsel i konventionell odling. I Danmark rötar man ofta någon typ av avfall till exempel slakteriavfall tillsammans med gödseln och kallar sedan rötresten rötad gödsel. Studierna för användning av rötresten av andra ursprungsmaterial som vall, växtrester och andra avfallsprodukter i ekologisk odling är få. Principerna i de danska spridningsrekommendationerna bör kunna gälla även i ekologisk odling då det gäller att få så små spridningsförluster och så stort kväveutnyttjande som möjligt.

Spridning på våren till vårgörödor

I vårsådda grödor bör rötresten alltid spridas före sådd. Det ger normalt en mycket hög och säker växnäringsseffekt av rötresten. Vid spridning före sådd bör det vara lätt uppharvat för

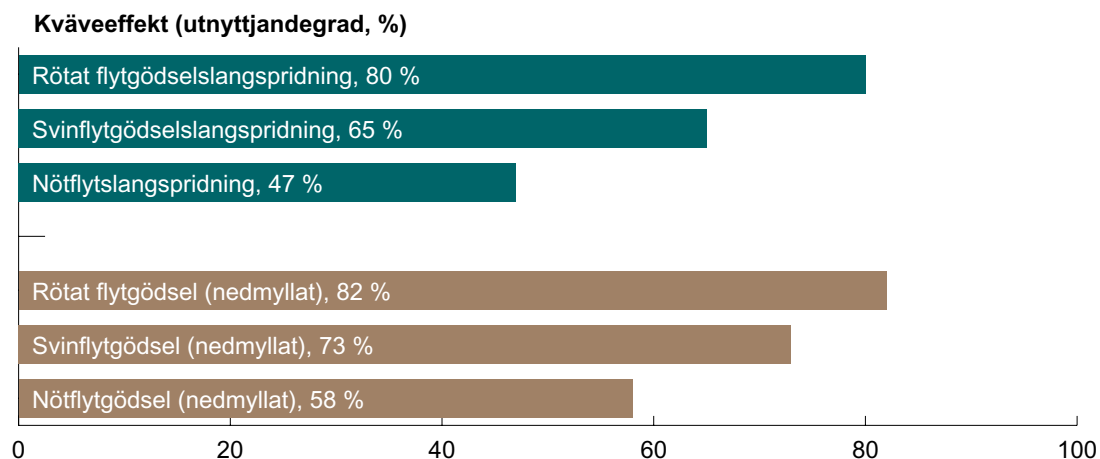


Diagram 2. Genomsnittlig utnyttjandegrad med tre olika gödseltyper. Rötad gödsel har utnyttjats 10–15 procentenheter bättre än svinflytgödsel och 20–30 procentenheter bättre än nötflytgödsel. Störst skillnad är det i släpplangspridd gödsel. Källa: Översikt over Landsforsøgene, 1998 och 2001.

att rötresten snabbt ska tränga ner i marken och förhindra att den rinner ovan på marken. Nedbrukning bör ske direkt efter spridningen.

Spridning med myllningsaggregat ger en hög och säker kväveeffekt och kan göras både före och efter plöjning. Man bör dock vara uppmärksam på att arbetsbredden är mindre än vid spridning med släpslangspri-dare och överfarterna fler och därför även ris-ken för kör- och strukturskador större.

Spridning i växande grödor

I växande gröda bör rötresten spridas när grödan kommit igång att växa. Man bör und-vika tidiga spridningar på frostig mark efter-som risken är stor att grödan bränns. I höst-

såd sprids rötresten bäst med släpslangar och det är viktigt att vädret är svalt och fuktigt eftersom risken är stor för ammoniakav-dunstning.

I vall bör rötresterna spridas tidigt på våren och av hygieniska skäl bör det gå minst 30 dagar mellan spridning och skörd.

I radsådda grödor som betor och majs får man ett gott kväveutnyttjande med spridning med myllningsaggregat från sådd till mitten av juli. Spridning med släpslangar hade vid denna tidpunkt gett höga ammoniakförluster. Tabell 3 visar rekommenderade spridnings-tidpunkter och spridningsteknik i olika grö-dor. Erfarenheterna har anpassats till ekolo-gisk odling.

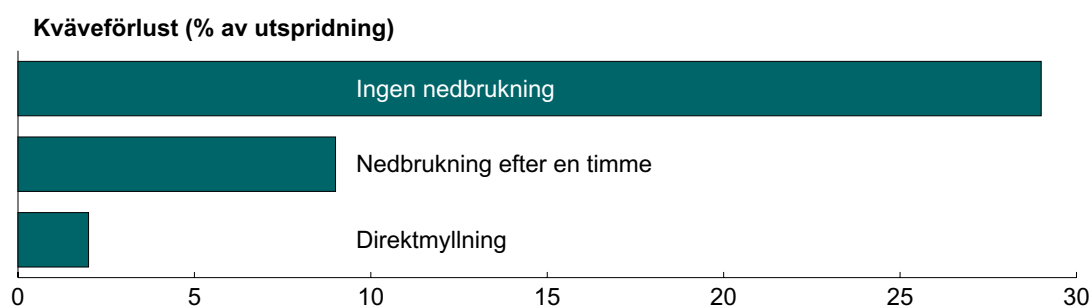


Diagram 3. Danska studier på kväveförluster från rötad gödsel utan nedbrukning, nedbrukning efter en timme och spridning med myllningsaggregat. Källa: Ammoniakfordampning, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret, www.lr.dk/biogas.

Tabell 3. Grödor samt rekommenderad tidpunkt och teknik

Vårkorn och havre	<i>Innan sådd (man kan med fördel göra en insådd av en fånggröda).</i>
Höstsåd	<i>I första halvan av april.</i>
Betor	<i>Före sådd huvudgiva. Foderbetor ges en tilläggsgiva ges innan raderna sluter sig.</i>
Majs	<i>Före såddhuvudgiva. En tilläggsgiva kan nedmyllas när plantorna är 15 cm eller slagspridas när plantorna är cirka 40 cm.</i>
Potatis	<i>Innan sådd (eventuellt tilläggsgödsling med myllningsaggregat till mitten av juni).</i>
Vårkorn till helsäd	<i>Innan sådd.</i>
Höstvete till helsäd	<i>Första halvan av april.</i>
Korn/ärt eller havre/ärt till helsäd	<i>Innan sådd.</i>
Slättervall	<i>Tidigt på våren, efter varje skörd (man bör vattna efteråt).</i>
Gräsfrövall	<i>Tidigt på våren. Ängssvingel och svaga insådder ges även kväve på hösten.</i>

Värdet av rötresten i den ekologiska växtodlingen på en djurlös gård

Det har gjorts väldigt få studier där man studerat vilket värde man kan räkna med att rötresten får på en ren växtodlingsgård som går över till att röta sin grüngödsling och skörderester.

Ekologiska fältförsök

SLU Alnarp har genomfört två ekologiska fältförsökserier där syftet varit att se om kväveutnyttjandet förbättras i växtodlingen genom processning av växtmaterial som klöver/gräs, halm och betblast i en biogasreaktor. Man jämförde system där grüngödslingvall, halm och betblast skördades och återfördes i form av rötrest som gödselmedel med system där skörderester och vallputs lämnades kvar på fälten.

Växtmaterial, betblast och halm processades i en biogasreaktor för enstegs omrörd rötning vid Lunds Universitets biogasförsöksstation i Billeberga och rötresten användes i båda försöken.

Växtföljdsförsök

med sockerbetor på Alnarp

Det första försöket har legat på Alnarp och anlades 2002 och resultaten från 2003–2004 är preliminära. I försöket jämfördes två odlingssystem:

- A) Grüngödslingen putsades; klippet lämnades kvar. Blast och halm brukades ner.
- B) Klöver/gräsvall, betblast och halm skördas och rötas. Rötresterna sprids före sådd till sockerbetor och vårvete och till höstvete och vårvete inför axgång. Mängden rötrest motsvarade vad som producerades av systemets vall och blastskörd. Endast rötat växtmaterial ingick i rötresten.

Växtföljden var följande:

- 1) grüngödslingvall (led A)/
Biogassvall (led B),
- 2) sockerbetor,
- 3) vårvete,
- 4) ärt + havre samt
- 5) höstvete + insådd.



SLU:s biogastank i Billeberga. Foto: Kjell Christensson.

Rötresten till sockerbetssådden gav 7 % skördeökning. I vårvete har skördeökningen i genomsnitt de två åren varit 23 % i ledet där vall och skörderester skördats, rötats och återförts till grödorna i form av en rötrest. Proteinhalten i vårveten har ökat med cirka en procentenhet när rötresten har spridits inför axgången. Motsvarande effekter i höstvete var 16 % i avkastning och 0,7 procentenheter i proteinhalt.

De preliminära resultaten i försöken ovan tyder på att systemeffekten av övergång från normal nedbrukning av skörderester till ett system med biogasrötning av grüngödslingsklipp och sockerbetsblast ger en ökad kväveeffektivitet. 54 kg/ha mer kväve återfinns i sockerbeterna och vetekärnskorde i växtföljden i försöksled B.

Tabell 4. Preliminära skörderesultat från växtföljdsförsöken, medeltal från år 2003–2004 (proteinhalt respektive sockerhalt inom parentes)

	Odlingssystem A		Odlingssystem B	
	Skörd dt/ha	Relativa tal	Skörd dt/ha	Relativa tal
Sockerbetor	451 (17,3 %)	100	483 (17,4 %)	107
Vårvete	39 (12,4 %)	100	48 (13,3 %)	123
Höstvete	37 (10,6 %)	100	43 (11,3 %)	116

Försök med rödbetor på Lilla Böslid i Halland

I ett tvåårigt fältförsök på sandjord i Lilla Böslid jämfördes olika strategier för ekologisk rödbetsodling. Jämförelsen inkluderar både olika förfrukter och olika rötrestgivor. Rödbeterna bevattades när behov förelåg. De förfrukter som ingick var

- grüngödslingsvall,
- vall skördad två gånger,
- vall skördad tre gånger samt
- vårkorn + fånggröda av engelskt rajgräs.

Restprodukter från biogasrötning användes som gödselmedel i en låg till måttlig giva efter grüngödsling och vall och i en kvävestege efter korn. Kvävestegen baserades på

tillförsel enligt uppsatta mål för mineralkvävetillgång vid tre tidpunkter: före sådd; i slutet av juni och i slutet av juli. Den genomsnittliga rötrestgivan i försöksled med korn som förfrukt blev 45, 105, 155 och 200 kg $\text{NH}_4\text{-N}$. Försöket har löpt i två omgångar: 2002–2003 och 2003–2004.

De preliminära resultaten i rödbetsförsöken tyder på att systemeffekten av övergång från system utan till system med biogasrötning ger en nettoökning av kväve motsvarande cirka 65 kg $\text{NH}_4\text{-N}$ -gödselmedel för ett hektar klöver/gräsvall + ett hektar betblast. Då är den försämrade förfruktseffekten på grund av att grönmassa från vall och betblast förs bort beaktad. Beräkningen förutsätter att rötresten lagras utan $\text{NH}_4\text{-N}$ förluster.

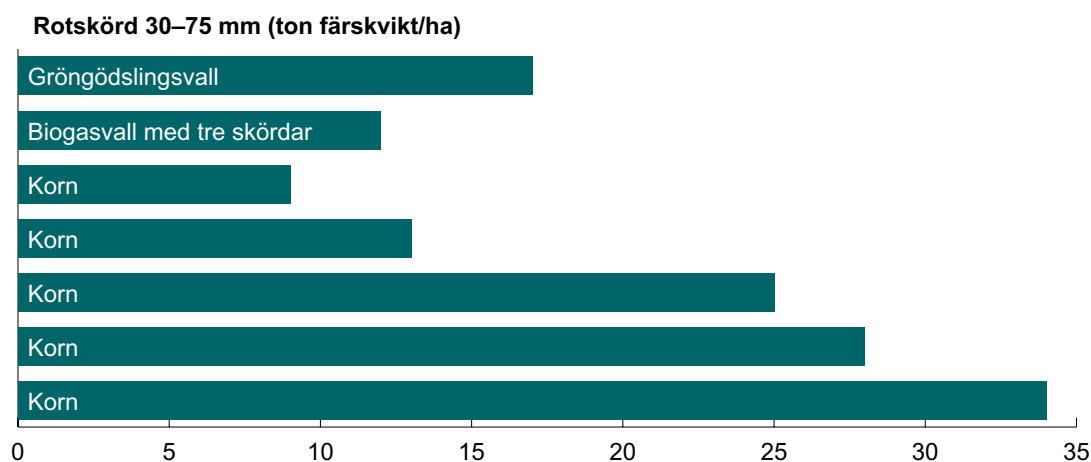


Diagram 4. Genomsnittlig rotskörd av rödbetor 2003 och 2004 vid olika förfrukter och kvävegödslingsnivåer.

Kvoten mellan $\text{NH}_4\text{-N}$ och total-N i rötresten har stor betydelse för vilken betydelse en övergång från grüngödsling till biogasrötning får med avseende på effektivt kväve. Den genomsnittliga kvoten för rötresten som producerades till rödbetsförsöken 2003–2004 låg på 0,43. I andra studier med rötat växtmaterial har kvoter mellan $\text{NH}_4\text{-N}$ och total-N

i resterna legat på 0,87 i biogasrötad blandvallensilage och 0,69–0,82 i biogasrötad lucernensilage. Den lägre kvoten i den rötrest som används i de svenska försöken beror troligen på att omrörningen i experimentanläggningen inte fungerade helt tillfredsställande. Sannolikt skulle anläggningen kunna optimeras ytterligare med avseende på omrörningen.



Spridning av rötrestar före sådd i rödbetsförsöken. Foto: Anita Gunnarsson.

Fortsatta försök viktiga

Det är mycket viktigt att försöken ovan får fortsätta så att resultaten blir säkrare. Det behövs beräkningsunderlag för att beräkna lönsamheten i ett odlingssystem med biogasproduktion för att intresserade lantbrukare ska våga investera.

Konventionella fältförsök

Det har lagts ut ett antal fältförsök med rötrest från storskalig biogasproduktion i konventionell odling. Flera av försöken är inte sammanställda och försöksplanerna på de olika ställena är olika vilket gör dem svåra att

jämföra. I flera försök har rötrestleden haft samma kväveverkan och samma skördenivåer som handelsgödselleden när rötresten är spridd före sådd. Bäst effekt av rötresten har man haft när man myllat ner den. Kvävenivåerna i marken efter skörd har ofta legat på samma nivå i leden med rötrest och handelsgödsel medan leden med flytgödsel har legat något högre. Detta tyder på att kvävet i rötresten har utnyttjats bra. Undantag från detta är de år som varit väldigt försommartorra. Då har effekten av rötresten varit lägre än jämförande handelsgödselled och mer kväve funnits kvar på hösten efter skörd.

Finns det någon lönsamhet i att röta växtmaterial?

Beräkningsunderlagen för att göra kalkyler på lönsamheten i en biogasproduktion är osäkra, eftersom antalet fältförsök med biogödsel är väldigt begränsat. I beräkningarna i tabell 5 och tabell 6 nedan har vi utgått från försöksresultaten i SLU:s försöksserie med en femårig växtföljd med sockerbetor. Försöket, som är ett växtföljdsförsök, har bara resultat från två skördeår och är därför inte säkra.

Rötningen fungerade inte helt tillfredställande i försöksreaktorn och rötrestens innehåll av ammoniumkväve i förhållande till totalkväve var relativt lågt. Det borde därför gå att få ytterligare skördeökningar.

Lönsamheten i växtodlingen

Beräkningarna i tabellerna nedan utgår från en 100 hektars gård med den femåriga växtföljden på sidan 20 och grödorna jämt fördelade

på gården. Kalkylerna avser 2005 och framåt. Kostnads- och intäktsläget är 2004 och Lantmännens kvalitetsreglering för vårvete gäller. Gårdsstödet är inte medräknat, eftersom det är detsamma för alla grödorna.

I försöken på Alnarp hade man problem med fågelskador i ärtorna och skördarna blev mycket låga. Detta var ett försökstekniskt problem som orsakades av att en väldigt liten yta ärtor odlades på ett skyddat läge. Därför har vi i beräkningarna utgått från en normal ärtskörd (enligt HS kalkyler)

I första exemplet (*tabell 5*) med en grön gödslingsgröda som putsas blir det teoretiska TB 2 (ej inräknat fasta maskinkostnader och arrende) cirka 375 000 kr.

I nästa exempel (*tabell 6*) skördas vallen och betblast och materialet rötas i en biogasanläggning. I kalkylerna nedan är inte skördekostnaderna inräknade.

Tabell 5. 100 hektar traditionell ekologisk växtodlingsgård där grön gödslingen putsas

	Areal ha	Skörd dt/ha	Prisnivå		Intäkt krl/ha	TB 2 utan fasta maskin- kostnader		Totalt kr
			2004 krl/dt	Ekostöd krl/ha		Kostnad krl/ha	kostnader krl/ha	
Grön gödsling	20	–	–	0	0	2 486	–2 486	–49 729
Sockerbetor	20	451	79,5	2 200	38 055	20 976	17 078	341 560
Vårvete	20	39	140	1 300	6 760	5 091	1 669	33 388
Ärter	20	39,5	153	1 300	7 344	5 557	1 787	35 733
Höstvete	20	37	115	1 300	5 555	4 823	732	14 636
TB 2 hela gården								375 588

Tabell 6. 100 hektar ekologisk växtodlingsgård där vallen och betblasten skördas och rötas i en biogasanläggning och biogödseln sprids i växtodlingen (se beskrivningen av försöken sidan 21)

	Areal ha	Skörd dt/ha	Prisnivå		Intäkt krl/ha	TB 2 utan fasta maskin- kostnader		Totalt kr
			2004 krl/dt	Ekostöd krl/ha		Kostnad krl/ha	kostnader krl/ha	
Vall 1	20	80	–	500	500	1 805	–1 305	–26 102
Sockerbetor	18,6	483	79,5	2 200	40 599	21 386	19 212	359 269
Vårvete	21,3	48	165	1 300	9 220	5 992	3 228	68 763
Ärter	20	39,5	153	1 300	7 343,5	5 557	1 787	35 733
Höstvete	20	43	115	1 300	6 245	5 238	1 007	20 148
TB 2 hela gården								457 811 kr

Eftersom sockerbetsskörden är 7 % högre krävs 7 % mindre areal för att uppnå samma mängd sockerbetor och uppfylla kontraktet. På de resterande 1,6 ha odlas vårvete. Vårveteskorden är 23 % högre och priset stiger med 25 öre/kg på grund av att proteinhalten är 1 % högre. Höstveteskördarna är 16 % högre än för gården utan biogasproduktion.

Det teoretiska TB 2 (ej inräknat fasta maskinkostnader och arrende) för hela gården blir cirka 458 000 kr, alltså cirka 83 000 kr högre än för gården utan biogasproduktion.

Lönsamhet i energiproduktionen

Med skördekostnader på 450 kr/ton vall och betblast (planlager) blir den totala skördekostnaden cirka 110 000 kr. Gasutbytet är beroende av bland annat materialets sammansättning och rötningsmetod. Genom att kombinera olika material kan det totala gasutbytet öka, men i gasutbytet nedan är inte en sådan effekt medräknad. Blandningen av klöver/gräs och betblast beräknas ge 300 m³

metan/ton nedbrytbart material (VS) vilket var det gasutbyte man fick i försökstanken. Möjligheten finns att få ett högre gasutbyte från en rötningsprocess som fungerar bättre än den gjort i försökstanken.

Det beräknade bruttogasutbytet (*tabell 7*) är 70 500 m³ metan. Cirka 20 % av gasen behövs för att värma själva biogastanken och nettoutbytet blir då 56 400 m³ metan.

Vilket pris man får för gasen (*tabell 8*) beror på vad gasen ersätter. I november 2004 var elpriset 28 öre/kWh och plus de gröna certifikaten blir det ett pris på cirka 50–55 öre/kWh, vilket motsvarar 5–5,5 kr/m³ metan. Verkningsgraden i en elgenerator är cirka 30 % och resten av den tillförda energin blir värme. Tabellen nedan visar hur mycket som är kvar till att täcka investeringskostnaderna och eget arbete i biogasanläggningen beroende gaspris.

Vid rundbalsensilering ökar skördekostnaderna med cirka 200 kr/ton till 650 kr/per ton vall eller betblast. I exemplet ovan ökar skördekostnaderna då med cirka 50 000 kr.

Tabell 7. Skördekostnader och gasutbyte för exemplet ovan; 20 % av gasen används till att värma röt-kammaren

	Areal ha	Ton ts ha	Totalskörd ton VS	Skörde- kostnader kr/ha	Skörde- kostnader totalt kr	Gasutbyte m ³ metan
Klöver/gräs vall	20	8	154	3 600	72 000	46 200
Betblast	18,6	4,5	81	2 025	37 665	24 300
Summa					109 665	70 500
Nettoutbyte (80 %)						56 400

Tabell 8. Intäkter för gasen beroende på gaspriset och hur mycket som är kvar att täcka drift- och kapitalkostnader vid de olika prislägena. 1 m³ metan motsvarar cirka 1 liter olja eller 10 kWh.

Pris kr/m ³ metan	Intäkter gas kr	Merintäkt växtodlingen kr	Skörde- kostnader kr	Kvar till drift- och kapital- kostnader kr
4	225 600	82 223	109 665	198 158
5	282 000	82 223	109 665	254 558
6	338 400	82 223	109 665	310 958
8	451 200	82 223	109 665	423 758

Goda exempel på gårdsbaserad biogasproduktion

Hagavik, Krister Andersson

Krister Andersson är ekologisk lantbrukare på Hagaviks gård utanför Malmö. År 2003 byggde han sin biogasanläggning. I rötgas-tanken omvandlas växtmaterial från gårdens 10 hektar grüngödslingsvall och skörderester som betblast och halm till ett högvärdigt gödselmedel samtidigt som det bildas biogas.

Anläggningen har en kontinuerlig process i en omrörd tank och fungerar i dagsläget bra. Vid påfyllningen tas vätska från tanken till en påfyllningsbrunn som är cirka 20 m³ stor och den hackade grönmassan tillsätts och allt rörs om innan materialet pumpas in i tanken igen. Påfyllningen görs 3–4 gånger per dag med cirka 3–4 ton ensilage per dag. På detta sätt ökar koncentrationen av rötat material hela tiden eftersom inget vatten tillsätts i processen. Kväveinnehållet i rötresten ligger i dag på cirka 1,5/kg ton NH₄-N, men målet är att man ska komma upp i koncentrationer på omkring 3 kg/ton NH₄-N. Andelen NH₄-N i förhållande till total N har stigit efterhand som processen varit igång och är nu cirka 50 %. Rötrestens torrsubstanshalt ligger på 5–6 %.

Med enbart växtrester och vall från gården produceras cirka 1 950 kWh biogas/dygn, vilket motsvarar cirka 52 m³ olja/år. Biogasen kommer att som första steg användas till uppvärmning av gårdens två bostäder, spannmålstorken och att hålla själva rötkammaren i rätt temperatur.

Det kan även bli aktuellt att installera en gasmotor för att omvandla gasen till el. Den el som inte behövs på gården kan då säljas och ge nya intäkter till gården. Kylvattnet från gasmotorn kan användas till uppvärmning.

Krister driver en ekologisk växtodlingsgård på 123 ha varav 75 ha är omlagda och 48 ha ligger i karens. Grödorna som odlas är sockerbetor, vårvete, höstråg, höstraps, grüngödslingsvall och vitklöverfrövall. Grüngödslingsvallen skördas 3 gånger per år och grönmassan ensileras och lagras. Det är även möjligt att ta en grönmasseskörd på hösten efter skörden av vitklöverfrö. Även betblasten kommer att skördas och ensileras. Arealen av den skördade grüngödslingsvallen är cirka 10 ha.

Rötresterna lagras i en 500 m³ gummisäck



Hagaviks biogasanläggning. Foto: Anna Hansson.

och pumpas upp när det är dags för spridning. Rötresterna kommer i första hand att spridas på våren till höstsäd, höstraps och vårvete.

Anläggningen med en 450 m³ stor röt-kammare är byggd för att klara större mängder än vad gården kan producera (om bara eget material skulle användas, så hade det räckt med en tank på 150 m³). Krister planerar att ta emot restprodukter från livsmedelsindustrin som ett komplement till de egna råvarorna. De kan till exempel vara restprodukter från bageri eller annan livsmedelsindustri. Samarbete med någon granne kan också bli aktuellt. I framtiden räknar Krister med att det kommer att bli lönsamt att sälja både rötresten och energi.

Fakta Hagavik

Biogasprocess: mesofil process (35 °C) i en stegsprocess i en omrörd tank.

Volym på röt-kammaren: 450 m³

Material som rötas: klövergräsvall, betblast och eventuellt kan också någon restprodukt från livsmedelsindustrin bli aktuell.

Uppehållstid: 125 dagar.

Gasutbyte: 350 m³ metan/ton nedbrytbart material (VS).

Metanhalt i gasen är 63 %.

Investeringskostnader: 2,2 miljoner – 600 000 kr bidrag från DESS (finns inte längre att söka). Med gårdens egna växtprodukter produceras gas motsvarande 52 m³ olja/år, men kapacitet finns att producera motsvarande 100 m³ olja/år beroende på mängd och material som rötas.



Påfyllning av ensilage i blandningsbrunnen, Hagavik. Foto: Anna Hansson.

Plönningeskolan

I januari 2004 invigdes Plönningegymnasiet i Halland sin biogasanläggning. Skolan ägs av Region Halland och biogasanläggningen är byggd med syftet att öka kunskaperna om effekterna av en gårdsbaserad biogasanläggning både när det gäller miljö och ekonomi.

I anläggningen rötas flytgödseln från gårdens cirka 90 kor, rekryteringsdjur och 30 stutar. Gödseln går från stallet till en pumpbrunn där det också är möjligt att blanda i andra material som foderrester, växtmaterial och andra restprodukter. Maximalt kan 17 m³ gödsel pumpas automatiskt in i rötningskammaren per dygn och uppehållstiden är 17–18 dygn. Rötningen sker i en omrörd tank som är på 300 m³. Lika mycket rötad gödsel pumpas ut ur röt-kammaren som orötad pumpas in och samlas i en stor gödselbrunn i betong med ett gastätt lock. Här sker en efterrötning; behållaren fungerar även som ett gaslager om gasproduktionen är större än förbrukningen.

Gasproduktionen är cirka 9,2 m³ per timme, vilket motsvarar cirka 60 kWh. I medeltal produceras cirka 1 250 kWh per dygn med en matning av 12 m³ gödsel/dygn. Gasen förbränns i dagsläget i en gaspanna och ger varmvatten till skolanläggningen. Cirka 25–30 % av gasen behövs för att värma upp själva rötningskammaren. Målet är att man på sikt ska använda gasen till fordonsbränsle när teknik finns för detta.

Gödseln som går in i röt-kammaren håller cirka 7–8 % torrsubstans och den rötade gödseln cirka 4 % torrsubstans. Förhoppningarna

är att den rötade gödseln är lättare att sprida mer effektivt och ökar växtnäringssutnyttjandet i gårdens grödor.

Hela Plönningeskolans jordbruksproduktion drivs ekologiskt. På de 220 hektaren odlas till stor del slåttervall och bete. Andra grödor är potatis, havre, vårkorn, höstvete, vårvete och åkerbönor.

Plönninge har också en stor hästverksamhet med 220 elever som går på hästutbildningar. Skolan har 70 hästar och det produceras mycket hästgödsel. I dagsläget fungerar inte tekniken för att ta hand om den halmrika hästgödseln i biogasanläggningen.

Halmstad Högskola har studier kopplade till anläggningen och man tittar bland annat på den rötade gödselns växtnäringssvärde.

Fakta Plönningeskoian

Biogasprocess: mesofil process (35 °C) i en enstegsprocess med en omrörd tank.

Volym på röt-kammaren: 300 m³.

Material som rötas: nötflytgödsel från gården mjölk- och köttproduktion samt mindre mängder foderrester (cirka 5 %).

Upphållstid: 17–18 dagar.

Gasutbyte: 150 m³ metan/ton nedbrytbart material (VS).

Metanhalt i gasen är cirka 60 %.

Investeringskostnader: 5,5 miljoner kronor. Investeringen är gjord så att det är möjligt att bedriva olika forskningsstudier i anläggningen och investeringen är därför högre än en vanlig gårdsanläggning.



Plönningeskolans biogasanläggning. Foto: Plönningeskolan.

Exempel på storskalig biogasproduktion

Svensk Växtkraft AB i Västerås

I Västerås bildades 2003 bolaget Svensk Växtkraft AB. Bolaget ägs av Vafab (Västmanlands avfallsaktiebolag, huvudägare), Mälarenergi, Swede Agri Invest (LRF) och 17 lokala lantbrukare. Syftet med bolaget är att driva en biogasanläggning där man rötar en blandning av lokalt producerad klöver/gräs vall, källsorterat hushållsavfall och avfall från storkök och restauranger. Cirka 20 % av materialet som rötas är från vallen. Biogasanläggningen ska vara klar att ta i drift i januari 2005 varför ingen praktisk erfarenhet finns ännu. Gasen ska uppgraderas till fordonsbränsle och kommer att användas till Västerås stadsbussar och till försäljning vid tankstation. Biogas kommer även att säljas till el och uppvärmning.

Växtkraftbolaget skriver kontrakt med lantbrukarna på vallskörden och köper den på rot. Bolaget har skrivit kontrakt på cirka 300 ha vall. Lantbrukarna får sedan köpa tillbaka rötresten (så kallad biogödsel) för att använda i sin växtodling. Några av lantbrukarna i projektet är ekologiska. KRAV har gett dessa lantbrukare ett tidsbegränsat tillstånd att använda biogödseln i sin KRAV-certifierade odling. KRAV vill följa projektet och göra en utvärdering av användningen av avfallet från samhället innan man KRAV-godkänner biogödseln.

Att tänka på vid planering av en biogasanläggning

För att kunna beräkna lönsamheten för en tänkt biogasanläggning måste underlagsmaterial tas fram.

Råvaror

När det gäller råvaror måste man undersöka vilka olika typer av råvaror som finns att tillgå och vilka gasmängder som kan utvinnas. Som tidigare nämnts kan det bli ett högre gasutbyte om olika råvaror kombineras, jämfört med om varje råvara rötas var för sig. För att få ett säkrare beräkningsunderlag kan man göra en provrötning av de tänkta råvarukombinationerna. Utrustning för att utföra provrötning kan finnas hos exempelvis enstaka konsultföretag, forsknings- och försöksinstitutioner och entreprenadföretag i biogasbranschen. Ring till någon av kontaktpersonerna på sidan 31 för att få tips.

Man bör även klargöra råvarornas kväveinnehåll, samt vilken mineraliseringseffekt av kvävet man kan förvänta genom rötningsprocessen.

Kostnaden för hantering av råvaror bör beräknas, och möjligheten att behandla avfallsprodukter bör också undersökas.

Gasanvändning

Den ekonomiska ersättningen för den producerade biogasen är beroende av hur den används och vilket energisystem som eventuellt byts ut mot biogas.

Eftersom en biogasanläggning ska användas under ett antal år måste man göra en noggrann känslighetsanalys för att se hur varierande framtida energipriser kan påverka ekonomin i anläggningen.

Rötrest

Värdet av biogödseln måste bedömas, liksom kostnaden för hanteringen av densamma. Biogödseln har olika värde i olika grödor och i olika odlingssystem.

Andra intäktsmöjligheter

Möjligheterna att omvandla olika miljöeffekter till någon form av intäkt till biogasanläggningen varierar från fall till fall. Olika gårdar kan exempelvis göra olika bedömningar av den ekonomiska nyttan av att rötad gödsel luktar betydligt mindre än icke rötad.

Driftkostnad

Den största driftkostnaden är energiåtgången för anläggningen. Denna, liksom kostnad för arbete och underhåll, kan beräknas utifrån uppgifter från anläggningsleverantör eller utifrån schabloner, tagna från litteratur i ämnet.

Kapitalkostnaden kan beräknas utifrån investeringskostnaden och vilken avkastning på kapitalet som man beräknar behövs.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden bör bedömas utifrån en anläggning som är ”nyckelfärdig”. Ett bygge i egen regi kan mycket väl bli billigare, men risken för tillkommande, oförutsedda, kostnader och driftstörningar är stor.

Investeringsbidrag

Investeringsbidrag för biogasanläggningar kan sökas från olika håll.

Bidrag till biogasanläggningar kan sökas hos exempelvis

- lokala Klimatinvesteringsprogrammet (”KLIMP”). Kan sökas i samverkan med kommunen.
- länsstyrelsen, investeringsstöd.

Övrigt

Utöver den ekonomiska bedömningen kan det vara lämpligt att tidigt kontakta den miljömyndighet som kan komma att beröras av en eventuell anläggning.

Före en byggnation ska tillstånd sökas eller anmälan göras till miljömyndigheten.

Beroende på storlek klassas olika anläggningstyper i bilagan till 9 kapitlet i miljöbalken enligt följande:

A-anläggning – tillstånd ska sökas hos *miljödomstol*.

B-anläggning – tillstånd ska sökas hos *länsstyrelsen*.

C-anläggning – anmälan ska göras till den *kommunala nämnden*.

Klassificering efter gasproduktion

B-anläggning – anläggning för framställning av mer än 150 000 m³ gasformiga bränslen per år.

C-anläggning – anläggning för framställning av högst 150 000 m³ gasformiga bränslen per år.

Klassificering efter mängd behandlat avfall

B-anläggning – anläggning för biologisk behandling av avfall om den tillförda mängden av annat avfall än park- och trädgårdsavfall är större än 200 ton, men högst 100 000 ton per år.

C-anläggning – anläggning för biologisk behandling av avfall om den tillförda mängden av annat avfall än park- och trädgårdsavfall är större än 10 ton, men högst 200 ton per år eller om den tillförda mängden park- och trädgårdsavfall är större än 10 ton per år.

Lär dig mer!

Att läsa

Biogas – förnyelsebar energi från organiskt avfall. Svenska biogasföreningen. Beställs på www.sbgf.org.

Miljöanalys av biogassystem, Pål Börjesson och Maria Berglund, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för teknik och samhälle, rapport 45, 2003.

Energianalys av biogassystem, Maria Berglund och Pål Börjesson, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för teknik och samhälle, rapport 44, 2003.

Energi i Økologiskt jordbrug, FØJO-rapport 19, 2004. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug (FØJO), Foulum, Tjele.

Förutsättningar för biogas från jordbruksgrödor – Slutsatser från Utvecklingsprogram Biogas, Stiftelsen Lantbruksforskning och Energimyndigheten. Beställs på Energimyndigheten i Eskilstuna.

Utvärdering av gårdsbaserad biogasanläggning på Hagavik. Edstöm M, med flera. JTI-rapport Kretslopp & Avfall 31, 2005. JTI-Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Uppsala. www.jti.slu.se

Intressant på Internet

www.lr.dk/biogas

www.agrigas.lu.se Biogasprojekt vid Lunds Universitet.

www.biogasforum.se Interregionalt samverkansprojekt i Öresundsregionen.

www.sbgf.org Svenska biogasföreningen.

Kontaktpersoner eller organisationer som kan hjälpa dig vidare

Biogas Väst: Lars-Gunnar Johansson LRF, 0521-57 24 52.

Biogas Syd: Kjell Christensson, Agrigas, 0709-48 22 00.

Gotlands Biogasförening, Jan Ekdahl, 0498-20 67 94.

Jordbrukstekniska Institutet, Mats Edström, 018-30 33 86.

Svenska Biogasföreningen, SBGF. 08-692 18 50.

Referenser

- Berg, J.* lagring och hantering av rötresten från storskaliga biogasanläggningar. JTI-rapport Kretslopp & Avfall 22, 2000. Jordbruks- tekniska Institutet, Uppsala.
- Björnsson Lovisa, et al.* Utveckling av teknik för att utnyttja biogaspotentialen i restprodukter med höga torrhalter. Agrigas-projektet, Avdelningen för Bioteknik, Lunds Universitet. 2003. Lund.
- Blomberg M, med flera.* Restaurang-, handels-, och hushållsavfall som växtnäring- och jordförbättringsmedel. Orienterande odlingsförsök med rötresten vid sådd och i växande gröda. JTI. 1998. Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala.
- Christensson K, Blohmé H.* Filborna biogödsel, 5-åriga fältförsök. Slutrapport. Agellus Miljökonsulter och Hushållningssällskapet i Malmöhus. 2002. NSR, Helsingborg.
- Dalhed M, Persson K.* Elgenerering från gårdsbaserad biogas. En förstudie till ett koncept. Högskolan i Halmstad och Region Halland. 2004. Halmstad.
- Dansk Landbruksrådgivning.* Landscentret. Biogas. www.lr.dk/biogas
- Gunnarsson A, Gertsson U.* Biogasrötat växtmaterial för bättre näringseffektivitet i ekologisk odling av rödbetor. SLU:s Ekoforsk 2004. Alnarp.
- Hallén D.* Lantbrukets produktionsekonomi vid anslutning till biogasanläggning. En genomgång av ekonomiska konsekvenser för lantbruk som levererar vallgröda för tillverkning av biogas och tar emot rötresten. LRF Konsult på uppdrag av LRF. 2003. Karlstad.
- Hushållningssällskapet Kristianstad.* Produktionsgrenskalkyler för ekologisk växtodling i Skåne, Halland, och Blekinge. Efterkalkyler för 2004. Skepparslöv, Kristianstad.
- Jordbruksverket.* Stöd för miljövänligt jordbruk, EU-information från Jordbruksverket. 2004. Jönköping.
- Jørgensen U, Dalgaard T.* Energi i Økologisk jordbrug, FØJO-rapport 19 2004. Foulum, Tjele.
- KRAV.* Regler för KRAV-godkänd produktion 2005. Uppsala.
- Lanz M.* Gårdsbaserad biogas för kraftvärme – ekonomi och teknik. Miljö- och energisystem, LTH. 2004. Lund.
- Lindberg A, Edstöm M et al.* Småskalig biogas i norra Europa – en nulägesbeskrivning. Miljöteknikdelegationen 1998:3. Stockholm.
- Norin E.* Biogas ... eller vad man kan göra av ruttna äpplen. En informationsskrift om biogas från Svenska Biogasföreningen. 1998. Stockholm.
- Pedersen C-Å.* Oversigt over Landsforsøgene 2001. Landbrugets Rådgivningscenter, Danmark.
- Svensson G.* Værdet av rötresten i den ekologiska växtodlingen på en gård utan djur. SLU:s Ekoforsk 2004. Alnarp
- Svensson K, Odlare M, Pell M.* The fertilizing effect of compost and biogas residues from source separated household waste. Journal of Agricultural Science, 142, 2004.
- Sørensen P, Birkmose T.* Kvælstofudvaskning efter gødskning med afgasset gylle. Grøn Viden, markbrug 266. 2002.
- The "Växtkraft" project in Västerås.* Status report – October 2003. Västerås.
- Torstensson G.* Ekologisk odling – Utlakningsrisker och kväveomsättning, Ekologiska odlingssystem med respektive utan djurhållning på sandig grovmo i södra Halland, Ekohydrologi 72, SLU, 2003. Uppsala.

Torstensson G. Ekologisk odling – Utlakningsrisker och kväveomsättning, Ekologiska odlingsystem med respektive utan djurhållning på lerjord i västra Götaland, Ekohydrologi 73. SLU, 2003. Uppsala.

Åkerheim H, Richert Stintzing A. Anaerobically digested source separated food residues as fertilizer in cereal production. JTI – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, VERNA Ekologi AB. 2004. Stockholm.

Åkerheim H. Fältförsök med rötat matavfall vid Berga år 2002. JTI, Uppdragsrapport 2003. Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala.

Ej publicerade och sammanställda försök

6 försök i Halland i vårkorn och höstvet, 1993–2000. Utförare HS Halland på uppdrag av Laholms Biogas AB.

6 försök i Kristianstad i vårkorn och stärkelsepotatis, 1999–2004. Utförare HS Kristianstad på uppdrag av Kristianstads Renhållnings AB.

Personliga meddelanden

Anette Hejnfelt, Miljö & Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet, Köpenhamn.

Krister Andersson, Hagaviks gård, Oxie, Malmö.

Lars Hollman, Plönninge naturbruksgymnasium, Harplinge, Halland.

Lovisa Björnsson, Avdelningen för Bioteknik, Lunds Universitet, Lund.

Per-Erik Persson, Växtkraft AB, Västerås.

Jordbruksverket
551 82 Jönköping
Tfn 036-15 50 00 (vx)
E-post: jordbruksverket@sjv.se
Webbplats: www.sjv.se

Trycksaken har bekostats gemensamt av Sverige och EU

ISSN 1102-8025
JO05:22