

Rötrest från biogasanläggningar

– återföring av växtnäring i ekologisk produktion

Eva Salomon och Maria Wivstad



Rötrest från biogasanläggningar
– återföring av växtnäring i ekologisk produktion

Utgivningsår: 2013, Uppsala

Utgivare: SLU, EPOK – Centrum för ekologisk produktion och konsumtion

Layout: Pelle Fredriksson, SLU, EPOK

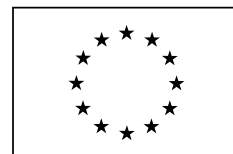
Illustration, omslag: © F. Stendahl 2013

Tryck: Fyris-Tryck AB

Typsnitt: Akzidenz Grotesk & Bembo

ISBN: 978-91-576-9182-8

© SLU, Sveriges lantbruksuniversitet



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling: Europa
investerar i landsbygdsområden

Förord

En viktig utmaning för det ekologiska lantbruket är att utveckla hållbara lösningar för effektiva kretslopp av växtnäring, såväl inom gården, mellan gårdar som mellan stad och land. Det finns många hinder att överbrygga. Det handlar bland annat om att kretsloppsprodukter som genereras i urbana samhällen inte innehåller skadliga halter av främmande ämnen, såsom tungmetaller eller kemiska ämnen. Det handlar också om att restprodukterna innehåller växtnäringsämnen i för växterna rätt proportioner och i tillräckligt höga halter för att vara ekonomiskt intressanta som gödselmedel. Kunskap behöver byggas upp och kommuniceras om hur olika typer av restprodukter ska hanteras på bästa sätt för att undvika negativ miljöbelastning. Även gödslingsrekommendationer behöver tas fram för att nå ett högt resursutnyttjande.

Under senare år har utbyggnaden av biogasanläggningar tagit fart och det finns idag även ett antal anläggningar från vilka rötresten är godkänd att användas i ekologisk produktion. Syftet med denna skrift är att bidra till att kunskap kommer ut kring möjligheter att förbättra hushållningen med växtnäring vid användning av rötrest från biogasproduktion på ekologiska gårdar. I skriften sammanställs dagsaktuell kunskap och även praktiska

erfarenheter kring användning av rötrest. Bland annat presenteras förslag till rekommendationer om hur rötresten ska hanteras och användas för att nå hög avkastning och minimal miljöpåverkan.

Skriften vänder sig till växtnärings- och energirådgivare samt myndigheter som har miljötillsyn inom jordbrukssektorn och andra intresserade av växtnäring, kretslopp och miljö.

Författarna riktar ett stort tack till forskaren Mats Edström och docent Lena Rodhe vid JTI – institutet för jordbruks och miljöteknik, docent Cecilia Sundberg vid Institutionen för energi och teknik på Sveriges lantbruksuniversitet, samt Johan Malgeryd på Jordbruksverkets rådgivningsenhet för att ni faktagranskat skriften.

Författarna vill också tacka projektet ”Utvärdering av biogasanläggningar på gårdsnivå” och projektledarna Karin Eliasson och Stefan Halldorf på Hushållningssällskapet för att vi fått använda data från gårdsbaserad biogasproduktion.

Arbetet har finansierats av Jordbruksverket genom projektstöd inom landsbygdsprogrammet – Landet lär.

Uppsala november 2013

Eva Salomon
Projektkoordinator, EPOK

Maria Wivstad
Föreståndare, EPOK

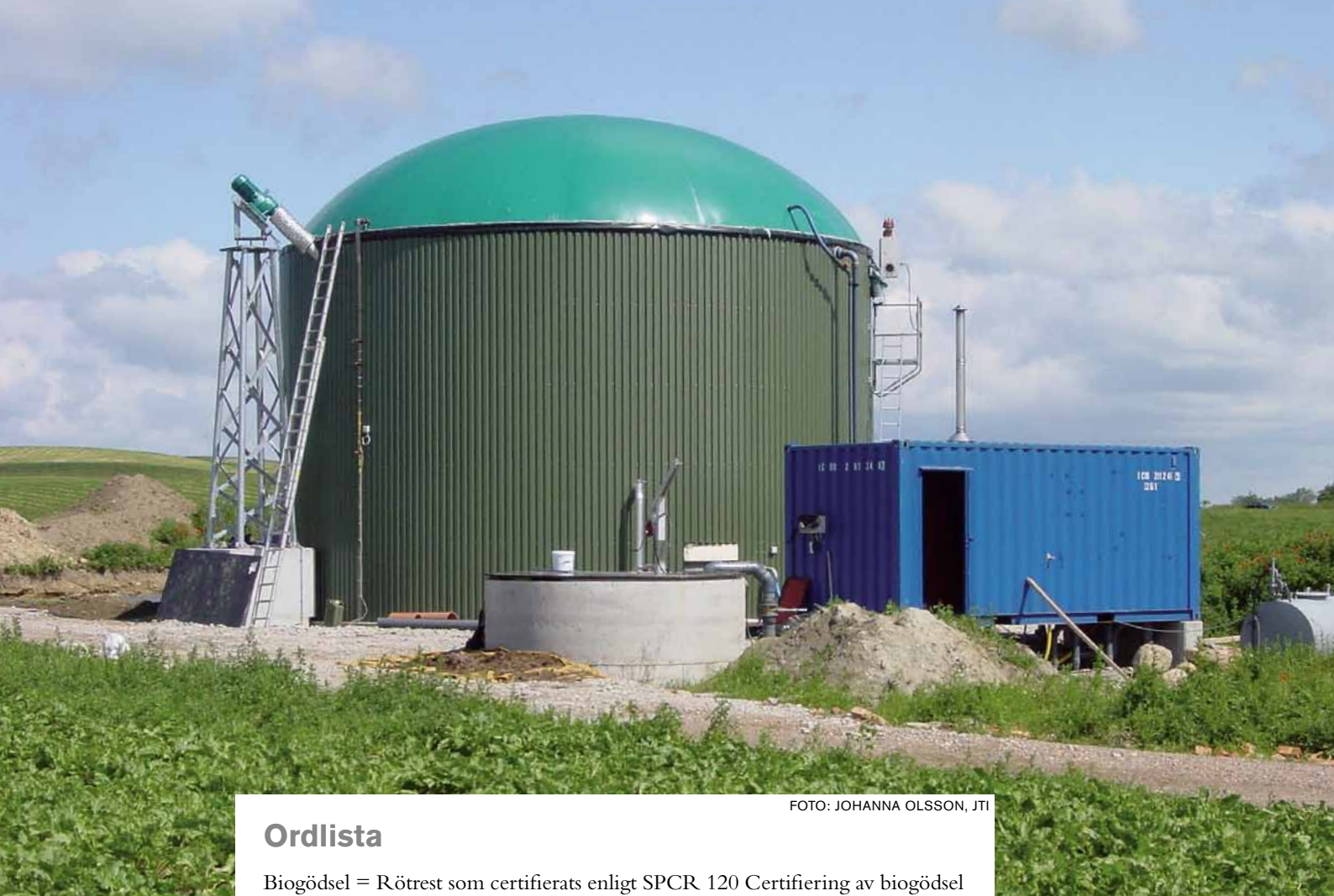


FOTO: JOHANNA OLSSON, JTI

Ordlista

Biogödsel = Rötrest som certifierats enligt SPCR 120 Certifiering av biogödsel

Rötrest = Organiskt material som rötats i rötammaren

Substrat = Organiskt material som rötammaren matas med

Fast material = Torrsubstansen i det organiska materialet

FOTO: RANAVERKEN AB



Innehåll

Förord	3
Ordlista.....	4
Innehåll	5
Summary	6
Sammanfattning	7
Biogasproduktion och användning av rötrest	8
Röttningsprocessen.....	8
Dagens biogasproduktion	9
Vilka substrat är tillåtna	10
Växtnäringsinnehåll i rötrest	11
Utsläpp vid lagring av rötrest	14
Utsläpp vid spridning.....	16
Rötrest som gödselmedel	17
Kväve och fosformängder i olika organiska restprodukter	18
Potentialen för cirkulation av kväve och fosfor vid rötning	20
Stallgödsel.....	21
Växtmaterial från jordbruket.....	22
Källsorterade avloppsprodukter.....	23
Matavfall.....	25
Biogas som främjar kretsloppet av växtnäring	26
Gårdsbaserad biogasproduktion.....	30
Rötning av fastgödsel och andra fiberrika material.....	30
Certifiering	31
Personliga meddelanden	32
Referenser	32

Summary

One of the principles in organic production is to achieve resource-efficient utilisation of plant nutrients when using various organic residues. In this context, digestate from biogas production can be an interesting fertiliser. Digestate can also provide a supply of plant-available nitrogen adapted to crop requirements. This report examines different possibilities to improve plant nutrient use efficiency by using digestate in organic production systems. For farmers to be interested in the digestate, it must be certified for organic production, have a high plant nutrient content and be suitable for handling with best available techniques and practices.

The plant nutrient content in the digestate is affected by the organic residues used as feedstock in the biogas plant. In general, there is only a small variation in the content of plant-available nitrogen between non-biodigested and digested liquid manure. However, digestion of solid manure or plant materials can be a way to convert a relatively large proportion of the organic nitrogen in the organic residues into directly plant-available nitrogen in the digestate. Co-digestion of solid and liquid organic residues means that the solids are converted to a homogeneous liquid fertiliser, which improves the technical possibilities to apply accurate amounts of plant nutrients to the crop.

Post-production handling of the digestate affects its value as a fertiliser. In practice, the digestate is often diluted with water in the biogas plant, which lowers the plant nutrient concentration per unit volume. Furthermore, during storage and spreading of the digestate there is a high risk of gaseous losses of nitrogen in the form of ammonia, due to the high pH of the digestate. Having an enclosed roof over stored digestate is an efficient way of minimising ammonia losses. An efficient strategy for minimising losses during spreading is to mix the digestate thoroughly into the soil immediately after spreading. The ability of farmers to value digestate will depend on them having up-to-date information on plant nutrient content.

Among the different organic residues that can be digested, animal manures including horse manure, contributes with most nitrogen and phosphorus, corresponding to 68 and 73 percent, respectively. A small proportion of the nitrogen and phosphorus (corresponding to 12 and 15 percent, respectively) originates from source-separated food waste and organic residues from the food and feed industry. Animal manures are already an important feedstock in biogas production, but less than 1 percent of the manure produced is digested. The potential amounts of organic residues that can be digested in the near future consist mainly of animal manures, and thereafter plant materials. It is estimated that a fraction of animal manures containing 28 and 38 percent of total nitrogen and phosphorus, respectively, in all animal manures has the economic and technical potential to be digested. If plant materials become interesting too, there is a need to develop logistics and techniques for handling these in biogas production systems. Plant materials for biogas production, especially ley, can add value in agriculture by improving soil fertility and biodiversity. Ley in the crop rotation makes a positive contribution to plant protection and weed control. Ley also decreases losses of nitrogen and phosphorus to water. Source-separated food and toilet waste are organic residues containing a small proportion of potential available nitrogen and phosphorus from an agricultural perspective. Source-separated food waste has greater potential to be included in biogas production for nutrient cycling within the near future. Many municipalities are introducing source-separating systems, which is the first step in achieving high-quality food waste. The development and use of source-separating toilet waste systems is much slower. Reuse of source-separated toilet waste in crop production would help reduce discharge of nitrogen and phosphorus in wastewater from society.

Sammanfattning

Att sluta kretsloppen och utnyttja växtnäringspotentialen i olika restprodukter är en central tanke i ekologisk produktion. Därför är rötrest från biogasanläggningar ett intressant gödselmedel. Rötresten kan också vara ett gödselmedel som tillför direkt växttillgängligt kväve doserat efter grödans behov. Syftet med denna skrift är att bidra med kunskap om olika möjligheter att förbättra hushållningen av växtnäring vid användning av rötrest på ekologiska gårdar. För att lantbrukaren ska använda rötresten behöver den vara certifierad för ekologisk produktion, ha ett högt innehåll av växtnäring så att den blir ekonomiskt intressant och vara praktiskt möjligt att använda.

Rötresten innehåller alla växtnäringssämnen som finns i de substrat som rötas, men variationen i växtnäringssinnehåll är stor. Det är ingen stor skillnad i halten direkt växttillgängligt kväve mellan rötdad och icke rötdad flytgödsel. Att röta fastgödsel och växtmaterial kan däremot vara ett sätt att omvandla en relativt stor del organiskt kväve till direkt växttillgängligt kväve. Att samröta fasta och flytande substrat innebär att fasta material konverteras till flytande homogenerade gödselmedel, vilket ökar de tekniska möjligheterna att dosera växtnäring efter grödans behov.

Hantering av rötresten påverkar dess värde som gödselmedel. I praktiken tillsätts vatten i rötkammaren vilket innebär en utspädning av växtnäring. Vid lagring och spridning är det framförallt kväve som kan gå förlorat i form av ammoniak då rötresten har ett högt pH. Att ha tak på lagerbehållare för rötrest minskar utsläpp av ammoniak effektivt. En viktig rekommendation är att bruka ned rötresten snabbt och effektivt i jorden efter spridning för att undvika stora utsläpp av ammoniak. Att minimera utsläppen från rötresten leder till mindre miljö- och klimatpåverkan. För att lantbrukaren ska kunna utnyttja rötrestens fulla potential som gödselmedel behövs aktuella analyser på dess växtnäringssinnehåll.

Av den totala mängden kväve och fosfor som idag finns i olika restprodukter lämpliga för rötning finns 68 respektive 73 procent i stallgödsel inklusive hästgödsel. En liten andel motsvarande 12 respektive 15 procent av kvävet och fosfor finns i matavfall och avfall från livsmedels- sprit- och foderindustri. Stallgödsel är idag ett betydande substrat i biogasanläggningar, men jämfört med total mängd producerad stallgödsel i Sverige är det mindre än en procent som genomgår behandling på något sätt, inklusive rötning. Av de mängder kväve och fosfor som kan återföras till jordbruket vid rötning av potentiellt möjliga substrat kommer största delen trots en blygsam användning idag från stallgödsel och därifrån från växtmaterial. Bedömningen är att en del av stallgödseln, motsvarande 28 respektive 38 procent av kvävet och fosfor i all stallgödsel kan ingå i ett kretsloppssystem för biogasproduktion inom en snar framtid då utveckling pågår vad gäller samverkansformer, hanteringssystem och logistik. För att växtmaterial ska bli ett betydande substrat behövs utveckling av logistik och tekniska system. Växtmaterial från framförallt vall för rötning i biogasanläggningar ger mervärden till jordbruket i form av förbättrad markbördighet och ökad biodiversitet. Vallen bidrar även till ett förebyggande växtskydd, minskar utsläpp av kväve och fosfor och har potential att bidra till bättre resurshushållning. Källsorterat matavfall samt källsorterade avloppsprodukter är två substrat som sett ur ett jordbruksperspektiv innehåller en mindre mängd kväve och fosfor. Källsorterat matavfall har en större potential att ingå i ett kretsloppssystem för biogasproduktion inom en snar framtid. Många kommuner inför källsortering, vilket är första steget för att få fram ett matavfall av hög kvalitet. Utveckling och användning av källsorterade avloppssystem går mycket långsammare. Återanvändning av källsorterade avloppsprodukter i växtodlingen skulle dock bidra till minskade utsläpp till vatten av kväve och fosfor från samhället.

Biogasproduktion och användning av rötrest

Röttningsprocessen

Producenter av biogas i stora samröttningsanläggningar får lönsamhet genom att uppgradera biogasen till fordonsgas. Tekniken för uppgradering kräver en stor investering, men betalar sig om samröttningsanläggningen har en långsiktigt säker kund som behöver en väl definierad mängd biodrivmedel, exempelvis en eller flera kommuner som vill få tillgång på fordonsgas för kollektivtrafik och privatbilism. Det är svårare att få ekonomi i gårdsbaserad biogasproduktion, som producerar värme och el, bland annat på grund av de låga ersättningsnivåerna för el. För närvarande finns få gårdsbaserade biogasanläggningar som investerat i teknik för uppgradering av biogas till fordonsgas.

Även om biogasproduktion syftar till att ta tillvara bildad metan, finns också en risk för metanförluster från röt-kammaren och vid lagring samt hantering av rötresten. En bedömning är att man får okontrollerade metanförluster på 1–2 procent av mängd producerad metan i en väl fungerande anläggning (RVF, 2005). Dock kan metanförlusterna bli större om teknik och hantering inte fungerar. Metanförlusterna från lagring av rötresten bedöms i genomsnitt vara 5–10 procent men även metanförluster motsvarande 20 procent av anläggningens biogasproduktion har rapporterats (Börjesson och Berglund, 2007). Läs mer om åtgärder i avsnittet om hur förluster av kväve och metan kan minskas vid lagring.

I teorin går det att röta alla organiska material som är biologiskt nedbrytbara men rötningstekniken passar bäst för organiskt material som är rika på socker, stärkelse, fett och protein. Material rika på cellulosa och hemicellulosa är också intressanta men tar längre tid för mikroorganismerna att bryta ned. Lignin är i princip omöjligt för mikroor-



FOTO: WIKIMEDIA COMMONS

ganismerna att bryta ned. För att kunna bedöma materialets metangaspotential behövs kunskap om flera olika egenskaper (Carlsson och Uldal, 2009). En viktig egenskap är glödförlusten, som är den organiska del som kan brytas ned i röt-kammaren och bidrar till biogasproduktionen. En annan viktig egenskap är materialets växtnäringsinnehåll eftersom mikroorganismerna behöver näringsämnen, vitaminer och spårelement för att växa till. En tredje viktig egenskap är rötrestens viskositet och flytegenskaper som påverkas av vilka substrat som används och som har betydelse för hantering av rötresten. Fibrer och fast material i rötresten har exempelvis en benägenhet att sedimentera i behållare under lagring eller transport.

Under den syrefria röttningsprocessen i röt-kammaren bryter olika grupper av anaeroba mikroorganismer ner organiskt material i parallella eller på varandra följande steg. Kolhydrater, proteiner och lipider bryts ned till enkla sockerarter, aminosyror, fettsyror och alkohol. I ytterligare nedbrytningssteg bildas flyktiga fettsyror, ammonium och ammo-

niak. I de slutliga nedbrytningsstegen bildas acetat, väte och koldioxid som metanbildande bakterier använder i sin metabolism och omvandlar till biogas. Biogasen består av både metan och koldioxid. I praktiken är det vanligt att en del av den energi som biogasanläggningen producerar används för att värma upp röt-kammaren till önskat temperaturintervall för att gynna önskad typ av mikroflora. Temperaturen påverkar också den kemiska jämvikten i rötningsprocessen. Den kemiska jämvikten påverkar i sin tur pH, som direkt påverkar mikroorganismerna. Optimalt pH är cirka 6 för mikroorganismerna i det första nedbrytningssteget av organiskt material, medan pH behöver vara över sju för att de metanbildande mikroorganismerna ska arbeta bra. För att kunna upprätthålla önskad pH-nivå i en biogasprocess krävs tillräcklig buffertkapacitet. Många råvaror som rötas har tillräcklig buffertkapacitet, men den kan ökas genom tillsats av bikarbonat (efter Luostarinen m.fl., 2011). I den rötningsteknik som används för att röta gödsel, energigröda och energirikt organiskt material sker alla nedbrytningssteg och metanbildning samtidigt i en röt-kammare.

Dagens biogasproduktion

En dominerande andel – 80 procent – av de organiska material som är intressanta att röta och som finns i stora mängder kommer från jordbruket. Det rör sig om stallgödsel, grönmassa från vallodling och skörderester (Börjesson och Berglund, 2007). I samröttningsanläggningar är stallgödsel ett betydande substrat på grund av att stora mängder finns tillgängligt i ett jämnt flöde, det motsvarar idag 29 procent av den totala mängden använda substrat (Statens energimyndighet, 2012). Jordbrukets produktion av energigrödor utgör en mindre del – cirka fem procent – av mängden substrat i samröttningsanläggningarna (Statens energimyndighet, 2012). Även om stallgödsel är en betydande del av substraten så är det i Sverige en låg andel av all stallgödsel som genomgår någon typ av behandlingssteg innan spridning på åkermark, exempelvis rötning, kompostering eller separering i olika fraktioner. År 2010 var det mindre än en procent av den totala mängden producerad stallgödsel i Sverige som behandlades, inklusive rötning (Foged m.fl., 2011).

År 2012 var rötrest från följande stora samröttningsanläggningar godkända som gödselmedel i ekologisk produktion: Swedish Biogas International Lidköping AB, Swedish Biogas International Örebro AB samt Svensk Biogas Norrköping. Det finns också rötrest från gårdsbaserad biogasproduktion som är godkänd i ekologisk produktion. Nötflytgödsel eller svinflytgödsel är de huvudsakliga substraten som rötas på gårdsbaserade anläggningar, ibland som enda substrat men ofta kompletterat med mindre mängder av andra substrat från det egna jordbruket, exempelvis grönmassa, ensilage, potatis, rotfrukter och kål. Det är också vanligt att gårdsanläggningarna kompletterar med substrat från den lokala livsmedelsindustrin. Det kan vara vassle, majs mjöl, godis, fett och slakterirester. I dagsläget är rötning av matavfall i gårdsanläggningar ovanligt. Det kan bero på att kommunen inte samlar in matavfall, men framförallt på att regelverket kräver hygienisering av matavfallet innan rötning. Själva hygieniseringssteget är en dyr förbehandling att investera i för en gårdsanläggning eller en kommun (personligt meddelande Stefan Halldorf, 2013).

För att lantbrukaren ska kunna använda rötresten som gödselmedel behöver den vara certifierad för ekologisk produktion samt vara ekonomiskt intressant och praktiskt möjligt att använda. Den behöver ha ett stort innehåll av växtnäring för att vara ett intressant gödselmedel. Det finns ett certifierings-system för rötresten som ska försäkra att den inte är kontaminerad med riskfullt stora mängder oönskade ämnen såsom metaller, smittämnen, medi-



FOTO: ISTOCKPHOTO.COM

cinrester eller kemiska ämnen (se stycke nedan samt faktaruta 1: Certifiering av rötrest). I ekologisk produktion är kretsloppsprincipen en central utgångspunkt. Det är viktigt med resurssnåla system och tekniska lösningar för att producera substrat och ta hand om rötresten. För att användning av rötrest ska bidra till ett förbättrat kretslopp är det också avgörande att en stor andel av växtnäringen nyttiggörs i växtproduktionen.

Vilka substrat är tillåtna

Certifiering av rötrest

Ett sätt att bygga förtroendekapital och acceptans är att arbeta med certifieringssystem för förbättrad kvalitet och kontroll av organiska restprodukter. Vid produktion av biogas på samrötningsanläggningar som använder olika typer av substrat, utom

sådant som kommer från vatten- och avloppssystemen, kan rötresten certifieras med namnet biogödsel, enligt Certifierad återvinning SPCR 120 Certifiering av biogödsel (ISSN 1103-4092, november 2012). I denna rapport använder vi dock begreppet rötrest generellt. År 2012 fanns tretton certifierade anläggningar. Styrgruppen för SPCR 120 består av företrädare för livsmedelsorganisationer, brukarorganisationer och anläggningar, där bland andra KRAV ingår (www.avfallsverige.se/avfallshantering/biologisk-atervinning/certifiering). KRAV ställer några ytterligare krav för att biogödsel ska få KRAV-certifieras, se faktaruta 1. Samtidigt har KRAV gjort avvägningen att en viss andel otillåten stallgödsel kan accepteras om den används som substrat vid biogasproduktion, exempelvis flytgödsel från konventionell slaktsvinsproduktion.

FAKTARUTA 1: Certifiering av rötrest

För att rötresten ska få spridas på åkermark behöver det organiska material som ska rötas uppfylla vissa krav (SJVFS 2011: 21 Saknr K 14; EU nr 142/2011; EG nr 1069/2009). Biogasanläggningar som certifierar sin rötrest (ISSN 1103-4092, november 2012) har tillstånd enligt miljöbalken, vilket innebär att anläggningarna själva genomför ett egenkontrollprogram. Personal som genomför provtagningar och analyser ska vara utbildade. Ett nytt krav är att biogasanläggningen ska kunna kontrollera leverantörer av substrat, så kallade andrapartsrevisioner.

Rötrestens innehåll av torrsbstans, totalkväve, ammoniumkväve, fosfor, kalium, magnesium, svavel samt de sju metallerna bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink ska anges när den är slutprodukt, alltså kan användas i odling. Provtagning sker i utlastningslagret vid biogasanläggningen (von Bahr, 2013). Den vanligaste hanteringen därefter är att rötresten transporteras till ett flytgödsellager på ett lantbruk där den mellanlagras innan spridning. Certifieringsorganet har valt att använda samma provtagnings- och analysförfarande som krävs för slam från reningsverk då dessa rutiner är inarbetade i branschen.

För att certifierad biogödsel ska få användas i KRAV-produktion ställs dessutom ytterligare krav (ISSN 1103-4092, november 2012, Bilaga 2). Några exempel är:

1. Om källsorterat hushållsavfall eller avfall från restaurang används som substrat ska avfallet komma från ett slutet insamlingssystem. Orsaken är att detta ökar spårbarheten samt möjligheten att identifiera oönskad kontaminering och åtgärda den.
2. Om stallgödsel som är otillåten enligt KRAV-reglerna ingår som substrat får biogödsel användas i KRAV-produktion motsvarande en volymsandel som är lika stor som andel KRAV-tillåten ingående substrat i biogasanläggningen under förutsättning att:
 - ◆ Minst 5 procent av alla substrat som tillförs biogasanläggningen, beräknat på volym, kommer från ekologisk produktion.
 - ◆ Ingen gödsel från djur som fått GMO-foder, själva är genetiskt modifierade eller hållits i bur får användas som substrat.
 - ◆ Anläggningen är certifierad enligt kapitel 12 produktionshjälpmedel i KRAVs regler eller produkten tillåten enligt KRAV regel 4.1.8.



FOTO: RANVERKEN AB

Växtnäringsinnehåll i rötrest

Rötresten innehåller alla växtnäringsämnen och spårelement som finns i de substrat som rötas, se tabell 1 som ger exempel på innehåll av de viktigaste. Den anaeroba nedbrytningen av organiskt material i rötningsprocessen innebär att innehållet av kol halveras, vilket leder till att rötresten får betydligt lägre torrsubstanshalt och ett pH-värde på 7-8 (Sommer och Husted, 1995). Då vissa substrat har lägre pH, exempelvis flytgödsel som har ett pH på cirka 7 och matavfall samt ensilerad vallgröda som har ett pH på cirka 4, så innebär rötrestens högre pH att risken för utsläpp av ammoniak ökar vid lagring och spridning.

Vid hantering av rötresten finns alltså risk för utsläpp av växtnäringsämnen. Framförallt är det kväve som kan gå förlorat i form av ammoniak. Kväve och andra växtnäringsämnen kan också förloras om rötresten lagras eller sprids på så sätt att läckage kan ske. Risken för utsläpp ökar om rötresten överdoseras till grödan eller sprids vid en tidpunkt då grödan inte kan utnyttja växtnäringen.

Mikroorganismerna i röt-kammaren bryter ner organiska kväveföreningar och det bildas ammonium samt ammoniak. Med högre temperatur och pH så bildas större andel ammoniak. Höga koncentrationer av ammonium samt ammoniak är toxiskt för mikroorganismerna, vilket leder till att rötningsprocessen stannar av. I praktisk drift är det vanligt att man antingen samrötter kväverika och kvävefattiga substrat eller späder rötresten med vatten i röt-kammaren för att undvika för höga koncentrationer. Spädning med vatten innebär att volymen rötrest ökar och koncentrationen av växtnäringsämnen sjunker, vilket ökar kostnaderna för hantering av rötresten.

I ekologisk växtodling finns behov av kvävegödselmedel som kan doseras med precision efter grödans behov och rötresten har potential att vara ett sådant gödselmedel genom att andelen direkt växttillgängligt kväve i form av ammonium är hög. Potentialen beror mycket på vilka substrat som rötas samt hanteringen efteråt. I danska försök ökade mäng-

den ammoniumkväve något i den rötade nötflytgödseln jämfört med icke rötad nötflytgödsel. I den rötade svinflytgödseln minskade mängden ammoniumkväve något, jämfört med icke rötad svinflytgödsel (Larsen m.fl., 1992). Resultaten i de danska försöken är typiska för nöt- och svinflytgödsel där det inte är så stor skillnad i ammoniumkväveinnehåll före och efter rötning.

Hur rötresten påverkas av substratblandningar och hantering

Rötrestens innehåll av växtnäring beror av vilka substrat som har rötats, se exempel i tabell 1. I gårdsanläggning B var skillnaden liten i mängden ammoniumkväve mellan icke rötad svinflytgödsel och rötrest, vilket är ett exempel på att rötning av svinflytgödsel inte nämnvärt ökar mängden ammoniumkväve i rötresten. Koncentrationen av växtnäring i rötresten påverkas också av hur mycket vatten som tillsätts under röttningsprocessen. I gårdsanläggning C, där en blandning av flera olika substrat rötades, hade rötresten motsvarande koncentration av ammoniumkväve som svinflytgödsel och de substrat som sorterades in under övrigt. Rötresten hade lägre koncentration av totalkväve och övriga växtnäringsämnen, än svinflytgödseln. Orsaken var att rötresten hade späts ut med vatten under röttningsprocessen. Gårdsanläggning C rötade också djupströgödsel från svin och majsensilage, som är exempel på substrat som har relativt hög koncentration av totalkväve och låg koncentration av ammoniumkväve. Genom att röta den här typen av substrat kan organiskt kväve brytas ned till ammoniumkväve och bidra till mer ammoniumkväve i rötresten.

I pilotstudien rötades fast kycklinggödsel, som är exempel på ett kväve- och fosforrikt substrat. Fast kycklinggödsel kan innehålla tio gånger mer kväve och fosfor per ton än nötflytgödsel, se tabell 1. I studien blandades också en liten andel fast kycklinggödsel med en stor andel nötflytgödsel, vilket gav en rötrest med klart högre koncentration av ammoniumkväve och fosfor, än om enbart nötflytgödsel rötats (personligt meddelande Edström 2013). En mindre andel kycklinggödsel kan därför väsentligt öka rötrestens värde som gödselmedel. I

pilotstudien tillsattes dock inget vatten under röttningsprocessen, vilket man ofta gör i praktisk drift.

I gårdsanläggning A behandlades rötresten genom en mekanisk separering efter rötammaren, se tabell 1. Rötresten separerades i en fast fraktion med högre torrsbstanshalt och högre koncentration av totalkväve, fosfor, svavel, magnesium och kalcium än den icke separerade rötresten. Den flytande fraktionen rötrest hade klart lägre torrsbstanshalt än den icke separerade rötresten, men motsvarande koncentrationer av ammoniumkväve och kalium. Generellt kan man vid mekanisk separation i en fast och flytande fraktion förvänta sig att den fasta fraktionen innehåller de växtnäringsämnen och spårelement som är bundna i det organiska materialet, exempelvis fosfor. Mekanisk separering är dock sällan effektiv. Detta syns genom att både den fasta och den flytande fraktionen innehåller vattenlösliga växtnäringsämnen. Exempelvis i gårdsanläggning A där koncentrationen av kalium var likvärdig i rötresten såväl som i separerad fast och flytande fraktion. Syftet med att separera rötresten är att få en liten volym rötrest så att transportkostnaderna kan minska och därmed kan fast rötrest transporteras längre sträckor än flytande rötrest.

Sammanfattning

- Att röta flytgödsel för att kunna utnyttja en större andel kväve ger ingen stor vinst ur växtnärings synpunkt. Det är relativt liten skillnad i ammoniumkväveinnehållet mellan rötad och icke rötad flytgödsel.
- Att röta fastgödsel och andra fasta organiska substrat kan vara ett sätt att omvandla en relativt stor del organiskt kväve till ammoniumkväve, vilket ökar de biologiska möjligheterna att få ett högre utnyttjande av kväve i växtodlingen. Att samröta exempelvis fastgödsel och flytgödsel kan vara ett sätt att konvertera fasta heterogena gödselmedel till flytande homogeniserade gödselmedel, vilket ökar de tekniska möjligheterna att dosera växtnäring efter grödans behov.

Tabell 1. Karaktärisering av några olika substrat före rötning samt av rötresten. Medelvärden av analyser från flera prov, där variationen kan vara stor mellan provtagningstillfällena i samma gårdsanläggning.

Exempel från fyra olika studier	Ingående substrat samt rötrest	Torrsubstanshalt %	pH	Kilogram per ton							
				Kol	Totalkväve	Ammoniumkväve	Fosfor	Kalium	Svavel	Magnesium	Kalcium
1) Pilotstudie. Viktsandel i procent av ingående substrat	Nötflytgödsel	8,9	-	41	3,1	1,3	0,6	3,5	0,3	-	-
	Kyckling fastgödsel	65,8	-	280	29,7	4,0	9,7	19,1	4,2	-	-
	Rötrest Nötflytgödsel 86 % & Kyckling fastgödsel 14 %	9,1	8,0	37	6,4	4,3	1,7	5,4	0,6	0,9	2,3
	Rötrest Nötflytgödsel 80,5 % & Kyckling fastgödsel 19,5 %	12,6	8,0	52	8,9	5,4	2,6	7,4	1,1	1,5	3,4
2) Gårdsanläggning A i drift	Nötflytgödsel	7,3	-	33	4,2	2,4	0,7	2,9	0,5	0,6	1,1
	Nöt djupströgödsel	22,1	-	81	5,4	0,9	1,0	5,8	0,9	1,0	1,9
	Rötrest ej separerad	6,2	-	26	4,2	2,6	0,7	3,5	0,4	0,6	1,1
	Rötrest fast separerad	26,5	-	114	6,5	1,6	2,9	3,6	1,3	2,5	4,5
	Rötrest flytande separerad	2,8	-	11	3,4	2,4	0,3	3,4	0,2	0,3	0,6
2) Gårdsanläggning B i drift	Svinflytgödsel	5,6	7,1	25	4,7	3,2	0,7	2,0	0,5	0,5	1,1
	Rötrest	2,8	7,8	10	4,1	3,4	0,5	2,1	0,3	0,3	0,8
2) Gårdsanläggning C i drift	Svinflytgödsel	7,9	-	34	4,8	2,6	1,5	2,9	0,5	0,5	2,5
	Svin djupströgödsel	35,0	-	154	7,0	0,7	2,2	13,0	1,1	1,2	4,2
	Majsensilage	28,0	-	136	5,3	0,4	0,7	3,2	0,3	0,3	0,8
	Övriga substrat	6,8	-	29	4,0	2,1	1,1	2,9	0,3	0,4	1,7
	Matavfall pressat	14,0	-	76	3,8	0,4	0,4	1,3	0,3	0,2	1,2
	Rötrest	3,4	-	15	3,2	2,3	0,9	2,6	0,2	0,3	1,4

- 1) Projekt: Rötning av fastgödsel vid Sötåsens gårdsanläggning. Kontaktperson: Mats Edström JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik
 2) Projekt: Utvärdering av biogasanläggningar på gårdsnivå. Kontaktpersoner: Karin Eliasson och Stefan Halldorf, Hushållningssällskapet.

Utsläpp vid lagring av rötrest

Utsläpp av ammoniakväve i Sverige kommer främst från stallgödselhanteringen och dessa utsläpp bidrar till negativ miljöpåverkan genom försurning och övergödning. Utsläpp av ammoniak bidrar också till indirekta utsläpp av lustgaskväve i senare delar av kvävecykeln. Därför är det angeläget att minimera dessa utsläpp. I fastgödsel försvinner i genomsnitt 20 procent av totalkvävet som ammoniak under lagringen, medan motsvarande utsläpp för lagrad flytgödsel är 1–9 procent och för lagrad urin 5–40 procent beroende av om urinbrunnen är täckt eller inte (Karlsson och Rodhe, 2002). Vid kompostering av fastgödsel är utsläppen av ammoniak också stora, de motsvarar 30 procent av totalkvävet.

Kunskap om hur man kan minska utsläpp av ammoniak och lustgas från lagring av stallgödsel kan också vara giltiga för lagring av rötrest. Att minska gödselytan som har kontakt med luft och täcka lagret minskar förlusterna av ammoniak (Karlsson 1996). Ett flytgödsellager som har bottenfyllning och tak samt är nedgrävt i marken har minimala utsläpp av ammoniak. Täckning med presenning eller organiskt material som exempelvis halm reducerar utsläppen av ammoniak, men inte så effektivt som ett tak. Att använda täckmaterial av organiskt material kan också vara riskfyllt då detta kan öka utsläppen av lustgas. I svenska studier där lagrad svinflytgödsel täcktes med halm uppmättes väsentliga utsläpp av lustgas, jämfört med lager utan täckning (Rodhe m.fl., 2012). Förklaringen är att täckning med organiskt material som torkar upp under sommaren leder till en mikrobiell omsättning där lustgas kan bildas och förloras (Sommer m.fl., 2000).

Man antar ofta att utsläppen av metan är mindre från rötrest än från icke rötad flytgödsel. Det är en logisk tanke då biogasproduktion bygger på att gynna mikroorganismer som bryter ned lättom-sättbart kol så att man kan samla upp metan. På gårdsanläggningar tillämpas rötning vid 35 °C, vilket är den temperatur rötresten kan ha när den går in i lagret, jämfört med icke rötad flytgödsel som kommer direkt från stallet och har en lägre tempe-

ratur. Utsläpp av metan under lagring är starkt relaterat till temperatur. Hög temperatur hos rötresten samt stort innehåll av aktiva metanbildande mikrober är faktorer som gynnar metanbildning också under lagring, speciellt i början av lagringen. Risken för utsläpp är störst under sommaren på grund av hög lufttemperatur. Svenska mätningar har också visat att rötad nötflytgödsel som lagrades under sommaren hade större metanförluster än icke rötad nötflytgödsel. Vid beräkningar av den sammanlagda klimatpåverkan medförde sommarlagring av rötad nötflytgödsel den enskilt största klimatpåverkan. Att lagra rötad nötflytgödsel på sommaren och sprida den på hösten gav sex till sju gånger högre påverkan på den globala uppvärmningen än att lagra på vintern och sprida på våren (Rodhe m.fl., 2013).

Rekommendationen för att minimera utsläppen av metan vid biogasproduktion är att säkerställa en effektiv utrötning genom lång uppehållstid i en efterrötkammare och/eller samla upp gasen från ett gastätt lager (Rodhe m.fl., 2013). Genom att täcka lagret minskar inte bara utsläppen av metan, utan också av ammoniak. Utsläppen av metan minskade från både rötad och icke rötad nötflytgödsel då lagren täcktes med trätak (Clemens m.fl., 2006). Man kan också tänka sig olika behandlingar av lagrad rötrest såsom att sänka pH så att de metanbildande processerna stannar av (Rodhe m.fl., 2013). Att sänka rötrestens pH minskar också risken för ammoniakförluster vid lagring och spridning. En kompletterande strategi är att tömma lagren och sprida gödsel eller rötrest till grödan på våren och/eller försommaren. Denna spridningstidpunkt är också bäst för att uppnå ett så högt växnäringsutnyttjande som möjligt.

Sammanfattning

- Tak på lagret med rötresten minskar utsläpp av ammoniak.
- Säkerställ effektiv utrötning av rötresten och samla upp metan som bildas under lagring.
- Tomma lager under sommaren minskar utsläpp av metan effektivt.
- Undvik organiskt täckmaterial vilket medför risk för utsläpp av lustgas.



FOTO: PELLE FREDRIKSSON

Utsläpp vid spridning

Det finns få studier där man undersökt förluster av ammoniak efter spridning av rötrest och resultaten varierar (Amon m. fl., 2006; Sommer m.fl., 2006; Novak och Fiorelli, 2010). Rent teoretiskt minskar risken för utsläpp av ammoniak vid spridning eftersom rötad flytgödsel har lägre viskositet än icke rötad flytgödsel, vilket är en egenskap som underlättar infiltrationen i marken. Däremot har rötresten ett högre pH, ofta i kombination med en större andel kväve som ammoniumkväve jämfört med ingående substrat, vilket ökar risken för utsläpp av ammoniak. För att kunna utnyttja rötrestens potential som gödselmedel behövs spridningsstrategier som både minimerar utsläppen av ammoniak och ökar grödans möjligheter att utnyttja kvävet. Man kan också förvänta sig utsläpp av lustgas efter spridning av stallgödsel eller rötrest. I finska studier fanns ett tydligt samband mellan större mängder kväve tillfört med stallgödsel och större utsläpp av lustgas (Regina m.fl., 2013).

En viktig faktor som påverkar utsläppen är hur gödseln placeras i marken. I ett svenskt fältförsök uppmättes större utsläpp av lustgas och klart mindre utsläpp av ammoniak efter ytmyllning av flytgödsel, jämfört med när flytgödseln spreds i band på markytan. En snabb nedbrukning efter spridning minskar också effektivt förlusterna av ammoniak. Beräkningar där utsläpp av både ammoniak och lustgas vägdes ihop visade att ytmyllning av flytgödseln sammantaget gav en mindre klimatpåverkan än bandspridning (Rodhe och Pell, 2005). Det är således också ur klimatsynpunkt acceptabelt att mylla gödsel eller rötrest (Rodhe m.fl., 2012). Utsläpp av metan har också uppmätts direkt efter spridning av flytgödsel. Det är gasbubblor som bil-

dats under lagring och som varit inneslutna i gödseln för att sedan frigöras då gödseln sprids ut på marken. Generellt anses utsläpp av metan från mineraljordar vara minimala, istället kan mineraljordar ta upp metan och fungera som kolsänka (IPCC, 2006).

I ett annat svenskt fältförsök mättes förluster av ammoniak och lustgas efter bandspridning av rötad och icke rötad nötflytgödsel på våren före sådd (Rodhe m.fl., 2013). Fyra timmar efter bandspridningen harvades gödseln ned och vårkorn såddes. Mätningarna fortsatte därefter tills utsläppen av ammoniak var minimala. Trots kyligt väder med en lufttemperatur på + 7 °C motsvarade de totala utsläppen av ammoniak från rötad nötflytgödsel 30 procent av tillfört ammoniumkväve, vilket kunde jämföras med 6 procent från icke rötad nötflytgödsel. Beräkningar visade att de höga förlusterna av ammoniak vid spridning av rötad gödsel också orsakade en väsentlig klimatpåverkan då ammoniak till viss del omvandlas till lustgas senare i kvävecykeln. Sammantaget visade fältförsöket att det var klart större risk för utsläpp av ammoniak vid spridning av rötad nötflytgödsel, jämfört med icke rötad. En enstaka harvning i såradens riktning var inte heller tillräcklig för att strypa utsläppen av ammoniak.

Sammanfattning

- Det finns en hög risk för utsläpp av ammoniak vid spridning av rötrest.
- Rötresten ska brukas ned i jorden snabbt och effektivt efter spridning för att minimera utsläpp av ammoniak.
- Mindre utsläpp av ammoniak minskar risken för försurande och övergödande utsläpp, samt för att lustgas bildas som orsakar klimatpåverkan.

Rötrest som gödselmedel

Kväve är det växtnäringsämne som oftast begränsar skörden på jordbruksmark av god bördighet. Gödslingsplanen för övriga växtnäringsämnen är, enligt ersättningsprincipen, att tillföra lika mycket växtnäring som förs bort med skörden.

I rötresten finns både organiskt och mineraliskt kväve, i form av ammoniumkväve (se tabell 1). Men fast rötrest kan vid lagring under syrerika förhållanden komposteras till viss del och då också innehålla mineralkväve i form av nitratkväve. Mineralkväve kan tas upp av grödan direkt, medan en del av det organiska kvävet omsätts till mineralkväve inom någon månad eller upp till några år. Det finns också organiskt kväve med långsammare omsättningstid på 5–10 år eller längre. För att kunna skatta rötrestens totala potential som kvävegödselmedel behöver man ta hänsyn till både organiskt och mineraliskt kväve. Svårigheten ligger i att bedöma potentialen för det organiska kvävet (Webb m.fl., 2013).

Kan då grödan utnyttja en större andel av kvävet om exempelvis stallgödsel rötas? De studier som gjorts styrker både svaren ja och nej. I danska fältförsök där både rötad och icke rötad nötflytgödsel samt svinflytgödsel spreds till vårkorn respektive foderbetor var den sammanlagda slutsatsen att skörden inte påverkades av typ av gödselslag när man gödslade med samma mängd ammoniumkväve oavsett om gödseln var rötad eller ej (Larsen m.fl., 1992). I studier redovisade av Webb m.fl. (2013) så har grödan utnyttjat en 10–20 procent större andel av tillfört kväve med rötad svinflytgödsel, jämfört med icke rötad svinflytgödsel, men resultaten påverkades markant av hur stora ammoniakförlusterna var. Generellt fanns ett positivt samband på så sätt

att grödan utnyttjade en större andel kväve då andelen mineralkväve av totalkvävet i stallgödseln eller rötresten ökade. En konsekvens är att om rötresten har en högre andel mineralkväve, jämfört med substratet, måste detta beaktas i gödslingsplanen. Annars riskerar man att få en överdosering av växttillgängligt kväve, vilket ökar risken för kväveförluster.

Det finns goda möjligheter att dosera rötresten efter grödans kvävebehov genom provtagning och analys av rötrestens kväveinnehåll i samband med spridning. Väl beprövad provtagningsmetodik för kväve och övriga växtnäringsämnen finns beskriven i Steineck m.fl. (1991) och Rodhe och Jonsson (1999). Genom att sprida vid en tid då grödan kan utnyttja tillfört kväve och bruka ned rötresten så den får jordkontakt direkt bäddar man för ett högt växtnäringsutnyttjande. För flytande rötrest finns spridningsteknik där små mängder kan precisionsspridas direkt i växande gröda, vilket ytterligare ökar förutsättningarna för ett högt växtnäringsutnyttjande. I fleråriga fältförsök med spridning av flytande rötat matavfall till korn och havre på våren vid sådd motsvarade skördarna 72–105 procent av den skörd där samma mängd kväve tillförts i form av handelsgödsel. Också en fast fraktion rötrest testades men hade svårt att hävda sig ur skördesynpunkt jämfört med den flytande rötresten (Salomon m.fl., 2005).

Sammanfattning

- Räkna med rötrestens kväve- och växtnäringsinnehåll i gödslingsplanen, baserat på aktuell provtagning och analys av rötresten.
- Rötrestens höga ammoniumkväveinnehåll behöver lantbrukaren beakta vid gödsling för att kunna uppnå ett så högt kväveutnyttjande som möjligt.
- Flytande rötrest kan precisionsspridas vilket bäddar för ett högt kväveutnyttjande.

Kväve och fosformängder i olika organiska restprodukter

De stora mängderna växtnäring som finns i gödsel från lantbrukets husdjur inklusive häst baseras på data från 2009–2010 och visas i figur 1 och 2 (SCB, 2011; Luostarinen m.fl., 2013). Den stallgödsel som produceras sprids redan på åkermark och man kan säga att hanteringssystem och teknik är så pass utvecklat att det möjliggör en stor återanvändning av växtnäring. Jordbruket producerar också växtmaterial som lämpar sig bra att röta och som innehåller stora mängder växtnäring. Växtmaterial, som exempelvis skördad vallgröda används idag som foder, där växtnäringen sedan återfinns i stallgödseln. Likaså finns stora mängder växtmaterial och växtnäring som inte lämnar åkermark såsom skörderester och skördeförbruk. Växtmaterial från denna typ av växtmaterial cirkulerar redan inom jordbruket och redovisas inte separat i figur 1 och 2.

Den totala mängden kväve och fosfor i humangödsel (urin och fekalier) från hela Sveriges befolkning representerar den näst största växtnäringsskällan efter stallgödsel, figur 1 och 2 (Jönsson m.fl., 2005). Humanurin från urinsorterande avloppssystem är ett snabbverkande kvävegödselmedel och utnyttjas bäst om det sprids direkt till grödan, efter hygienisering. Idag är dock användning av fekalier och urin från människa inte tillåten att använda i ekologisk produktion. Inte heller slam från samhällets vatten- och avloppssystem är tillåtet i ekologisk produktion, se faktaruta 2. Mängden matavfall och dess innehåll av kväve och fosfor varierar stort beroende av komposition och hantering. När 25 kommuner skulle bedöma mängd matavfall som kan rötas varierade skattningarna från 44 till 90 kg per person och år (Halldorf, 2012). Faktorer som påverkade mängden matavfall och växtnäring som hamnar i rötresten var typ av insamlingssystem och förbehandlingsteknik. I figur 1 och 2 presenteras uppskattade totalmängder kväve och fosfor i matavfall baserat på Jönsson m fl. (2005) samt Linné

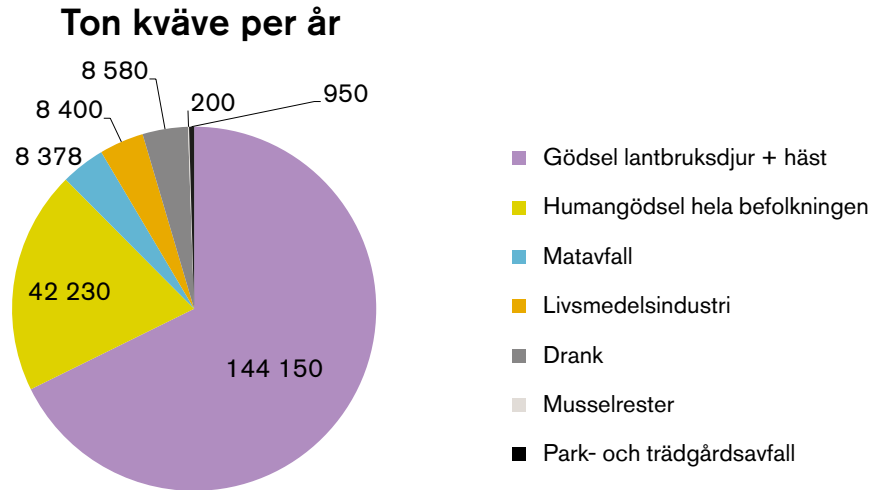


FOTO: WIKIMEDIA COMMONS

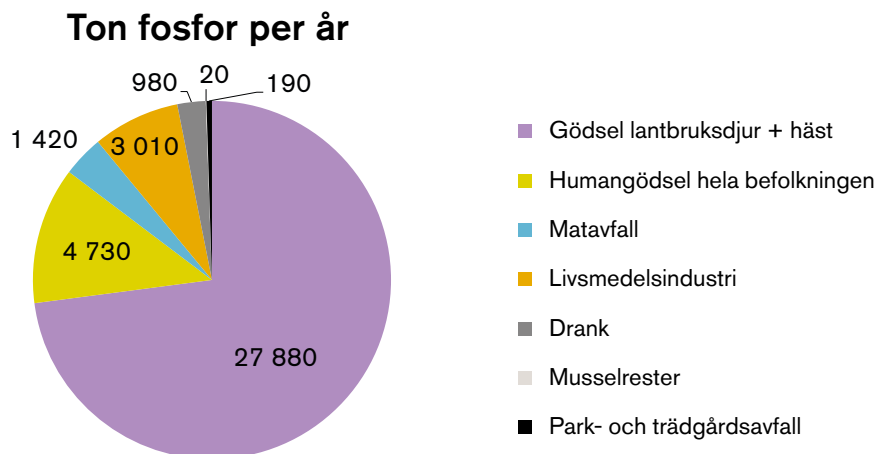
m.fl. (2008). Matavfall kan tillåtas som gödselmedel i ekologisk produktion om matavfallet uppfyller de krav som ställs i certifieringssystemet SPCR 120 Certifiering av biogödsel. De totala mängderna kväve och fosfor i organiskt avfall från livsmedels-, sprit- och foderindustrin representerar en mindre del, figur 1 och 2 (Wivstad m.fl., 2009). Redan idag återförs så gott som allt av detta organiska material till jordbruket för att användas som foder eller gödselmedel och har således en hög återanvändningsgrad av kväve och fosfor.

Sammanfattning

- Av den totala mängden kväve och fosfor som finns tillgängligt i olika restprodukter finns 68 respektive 73 procent i stallgödsel, medan 12 respektive 15 procent av kvävet och fosfor utgörs av matavfall och avfall från livsmedels-, sprit- och foderindustri.



Figur 1. Mängd kväve i olika organiska restprodukter (Jönsson m.fl., 2005; Linné m.fl., 2008; Luostarinen m.fl., 2013; SCB, 2011; Wivstad m.fl., 2009). Drank är en biprodukt från framställning av etanol ur spannmål.



Figur 2. Mängd fosfor i olika organiska restprodukter (Jönsson m.fl., 2005; Linné m.fl., 2008; Luostarinen m.fl., 2013; SCB, 2011; Wivstad m.fl., 2009). Drank är en biprodukt från framställning av etanol ur spannmål.

FAKTARUTA 2: Återföring från avloppssystem

Att återföra slam från samhällets vatten- och avloppssystem till ekologisk jordbruksmark är inte tillåtet enligt KRAVs regelverk. En orsak är att slammet innehåller för mycket oönskade ämnen, vilket beror på att systemen inte är utformade för att samla upp växtnäring utan istället rena vatten. De kommunala reningsverken renar avloppsvattnet från fosfor till cirka 96 procent och den fosfor hamnar i slammet. Vattenlösliga växtnäringsämnen finns endast i små mängder i slammet eftersom dessa försvinner med avlopps-

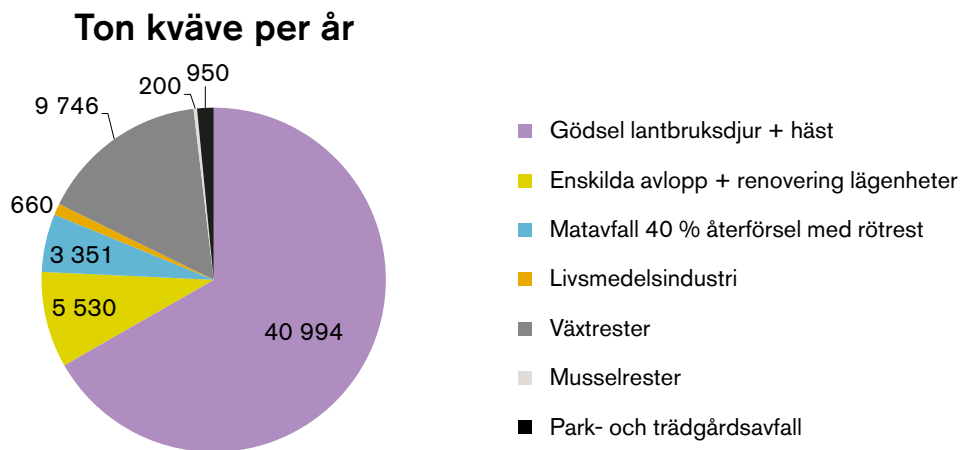
vattnet. Om reningsverket har ett biologiskt kväverensningssteg sker också utsläpp av kväve i gasform.

Det finns 1,2 miljoner fastboende personer som inte är anslutna till kommunala reningsverk utan har enskilda avloppssystem där den mesta växtnäringen blir kvar i marken och/eller belastar vattensystemen (Naturvårdsverket, 2012). Den vanligaste hanteringen för enskilda hushåll med klosettvattnet är att det körs till närmaste avloppsreningsverk för behandling.

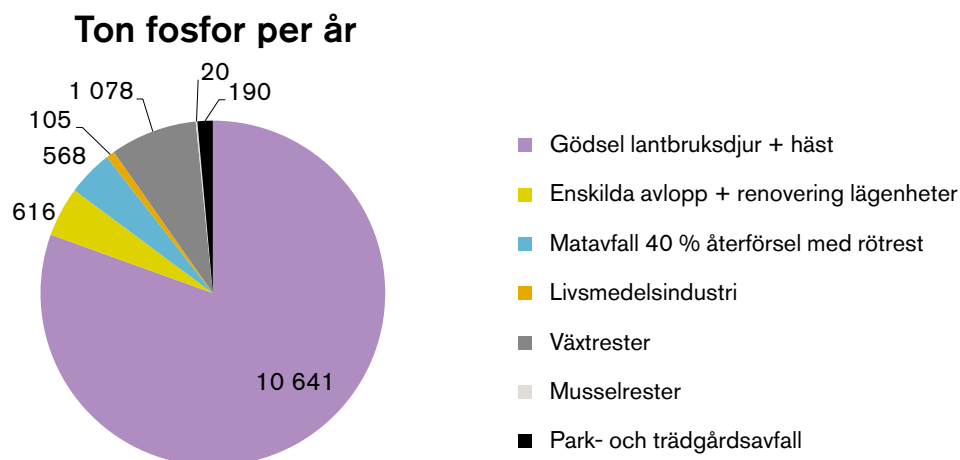
Potentialen för cirkulation av kväve och fosfor vid rötning

I detta avsnitt presenteras de mängder kväve och fosfor som kan återföras till jordbruket om potentiellt möjliga substrat används i biogasproduktionen. En del av substraten rötas redan i dag och rötresten kan certifieras för användning i ekologisk odling.

Andra substrat rötas inte beroende på att de inte godkänns inom certifieringssystemet. Andra orsaker till att substrat inte rötas kan vara avsaknad av samverkansformer mellan olika aktörer och logistik samt tekniska och ekonomiska förutsättningar.



Figur 3. Potentiella substrat för rötning och mängd kväve i dessa (Jönsson m.fl., 2012; Linné m.fl., 2008; Luostarinen m.fl., 2013; SCB, 2011; Steineck m.fl., 2000; Wivstad m.fl., 2009).



Figur 4. Potentiella substrat för rötning och mängd fosfor i dessa (Jönsson m.fl., 2012; Luostarinen m.fl., 2013; SCB, 2011; Wivstad m.fl., 2009).



FOTO: WIKIMEDIA COMMONS

Stallgödsel

Mängden stallgödsel i Sverige som är tekniskt och ekonomiskt potentiellt tillgänglig för biogasproduktion har bedömts vara 8,3 miljoner ton per år, vilket motsvarade 28 procent av kvävet och 38 procent av fosfor av de mängder som finns i all stallgödsel (Luostarinen, 2013) (se figur 3 och 4). Andel tillgänglig stallgödsel för rötning har bedömts vara 34 procent från nötkreatur, 81 procent från gris, 100 procent från fjäderfä och 29 procent från häst. I bedömningen ingick endast nötkreatur- och grisföretag med 100 djurenheter eller fler. Gödsel från djurgårdar med färre djur kan också vara intressant, men då krävs samverkan mellan flera gårdar för att få ihop en tekniskt och ekonomiskt intressant mängd gödsel. Också hästföretag med mindre än 2 hektar åkermark ingick i bedömningen då dessa företag ofta saknar tillräcklig egen spridningsareal. Hästgödsel, precis som fastgödsel från nötkreatur och gris, innehåller en hög halt organiskt material då den blandas ut med stora mängder strö, vilket innebär att mer biogas kan utvinnas per ton gödsel, jämfört med flytgödsel som innehåller små mängder strö och är utspädd med

vatten. All strörrik fjäderfägödsel har antagits vara intressant oavsett transportavstånd då biogasproduktionen är 5–10 gånger högre per ton gödsel, jämfört med flytgödsel. Den andel energi i form av biogas, som potentiellt kan erhållas från enbart fastgödsel från fjäderfä och häst motsvarade nästan en fjärdedel av total energipotential från stallgödsel. Det är därför mer intressant att utveckla rötning av torra och fasta substrat då dessa innehåller mer energi per volymenhet. Teknik för torrrotning finns men är inte så utvecklad och använd som teknik för våtrötning. För att torrrotning ska komma till användning behövs satsningar på såväl mer kunskap som utveckling av tekniken integrerat i systemet för biogasproduktion (Nordberg och Nordberg, 2007). Att röta blandningar av torra och våta substrat innebär att man kan konvertera fastgödsel till en flytande rötrest, vilket ökar grödans möjligheter att utnyttja tillfört kväve. Det finns också lagrings- samt spridningsteknik som kan minimera utsläpp och dosera rötresten efter grödans växtnärbbehov. Dessutom kan mål om god djurvälstånd och omfattande återanvändning av kväve samverka då rötning av fastgödsel bygger på att animalieproduktionen använder strörrika inhysningssystem.

Växtmaterial från jordbruket

Den framtida potentialen för produktion av grödor för enbart energiproduktion är svår att skatta då produktionen är beroende av bidrag och skattebefrielser och kravet är att den ska bedrivas på mark som ligger i träda (SCB m.fl., 2007). Andra tänkbara substrat är det odlade växtmaterial som inte duger som foder eller livsmedel. Det kan vara blast från sockerbetor och potatis, bortsorterad potatis, vallgröda som inte skördas utan används som grön gödsling eller fånggröda och skörderester från oljeväxter. Traditionell hantering av sådant växtmaterial är att det lämnas kvar på åkern eller kasseras vid efterföljande hantering. De mängder som bedöms vara aktuella motsvarar totalt 10 000 ton kväve och 1 000 ton fosfor per år (Linné m.fl., 2008; Steineck m.fl., 2000). Halmen räknas inte med här eftersom bärgad halm ingår som strö i stallgödsel.

Vall är en gröda som det finns ett stort intresse för att använda som substrat på grund av dess metan-gaspotential. Vallgrödan har också väldokumenterade positiva effekter på markbördighet, ogräsreglering och potentialen att väsentligt minska kväveutlakningen då den ingår i en växtföljd. Ett verkligt exempel på hur vall kan användas som substrat finns hos de lantbrukare som startade bolaget Svensk Växtkraft AB och inledde samarbete med Västerås kommun. Drivkraften var att minska användningen av bekämpningsmedel, förbättra markbördighet och kretsloppet av växtnäring genom att inkludera vall i växtföljden. Vallskörden rötades sedan tillsammans med andra substrat i en samröttningsanläggning för produktion av fordonsgas till bussar. År 2011–12 motsvarade vallgrödan cirka 9 procent av totalmängden substrat i biogasproduktionen. Rötresten har använts i både konventionell och ekologisk odling (Svensk Växtkraft AB Årsredovisning 2012). En stor utmaning med att använda vall, som är ett fiberrikt material, har varit att få en tekniskt fungerande förbehandling så att det kan blandas optimalt med andra substrat. En annan utmaning är att uppnå ett hanteringssystem för vall mellan skörd i fält och lagerplats utan kostsamma

flaskhalsar. Ekonomiska uppskattningar som gjorts, efter data från svensk Växtkraft AB, pekade på att avståndet från fält till lager är en viktig faktor att ta hänsyn till när transportsystemets dimensionering ska avgöras (Vågström, 2005).

En annan tanke är att använda vall både som foder i mjölkproduktion och som substrat i en gårdsbase-rad biogasproduktion. I scenarioanalyser har Strid m.fl. (2013) studerat produktion av högkvalitativt grovfoder från förstaskörd i kombination med att återväxten utnyttjas för biogasproduktion. I scenariot ingick lokal samverkan mellan växtodlingsgårdar och en mjölkgård, för att uppnå större vallareal och bättre fördelning av växtnäringen i rötresten till olika grödor. Tanken var också att gårdarna gemensamt investerar i biogasanläggningen, där också annat organiskt material rötas, till exempel foderrester och stallgödsel. Bedömningen av de miljömässiga vinsterna som systemet kan uppnå påverkades mycket av om all producerad bioenergi kunde ersätta fossil energi. Växtodlingsgårdarna i scenarioanalyserna förlorade spannmålsareal och intäkterna från den produktionen behövde ersättas med andra intäkter för att göra scenarierna ekonomiskt intressanta.

Det är svårt att bedöma potentialen i dessa kretsloppssystem. En orsak är att utveckling av logistik och teknik behöver anpassas till lokala förutsättningar på gården och för gårdssamverkan. En annan orsak är att bönder har olika drivkrafter för att samverka. För en gård med mjölkkor som redan har vall och gödsel kan intresset för att samverka kring en biogasanläggning delvis bero på om det ger mervärden till mjölkproduktionen, genom exempelvis tillgång till högvärdigt lokalt foder. För en gård med växtodling är den långsiktiga nyttan av att inkludera vall i växtföljden tydlig, bland annat genom att vällen ökar markbördigheten och gården får tillgång till rötresten som gödselmedel. Men förändringar i växtodlingen behöver också vara ekonomiskt hållbara.



FOTO: PELLE FREDRIKSSON

Källsorterade avloppsprodukter

Av den mängd kväve och fosfor som människor intar med mat återfinns de största mängderna i urin och fekalier. För att kunna återanvända detta som gödsel i växtodlingen behövs utveckling av teknik och system för att samla upp klosettvattnen separat, inklusive ett hygieniseringssteg så att inte smittämnen sprids. Hur omfattande hygienisering som krävs bestäms bäst genom att mikrobiell riskvärdering där risken för överföring av smittan kvantifieras beroende på hanteringssystemet och användningen. Återanvändning av klosettvattnen i växtodlingen skulle ur ett samhällsperspektiv bidra till stora miljövinster, jämfört med traditionella vatten- och avloppssystem (VA-system). Utsläpp av övergödande ämnen och växthusgaser från samhällets avloppssystem skulle kunna minskas väsentligt, liksom energianvändningen (Jönsson m.fl., 2013). Det finns redan ca 122 000 hushåll med slutna tankar i Sverige, som snabbt kan ingå i utvecklandet av organisation och teknik för återföring av växtnäring till åkermark.

Klosettvattnen är inte godkänt idag för rötning och certifiering enligt SPCR 120. Det finns också en oro för att klosettvattnen kan vara förorenat med en okänd mängd kemiska ämnen, läkemedelsrester, hormoner, smittämnen och tungmetaller. När det gäller tungmetaller ska man undvika anrikning i åkermarken. Istället behöver halterna sänkas och framförallt för kadmium. Kemikalieinspektionen (KemI, 2011) förespråkar en kadmium/fosforkvot i gödselmedel på maximalt 12 mg kadmium per kg fosfor. De tre hushållsprodukterna som kan vara intressanta, nämligen källsorterad urin, källsorterat klosettvattnen och källsorterat matavfall, har mycket olika kadmium/fosforkvot. I en undersökning av Jönsson m.fl. (2005) hade urin lägst kadmium-fosforkvot, 0,3–2,0 mg kadmium per kg fosfor. Klosettvattnen innehöll 11–13 mg kadmium per kg fosfor, vilket är jämförbart med de kadmium-fosforkvoter på 7–18 mg kadmium per kg fosfor, som uppmätts i konventionell stallgödsel från nötkreatur och gris (Steineck m.fl., 1999). I samma under-



FOTO: ISTOCKPHOTO.COM

sökning uppmättes cirka 15 mg kadmium per kg fosfor i stallgödsel från ekologisk mjölkproduktion. Källsorterat matavfall från hushåll hade en högre kadmium / fosforkvot, cirka 37 mg kadmium per kg fosfor (Jönsson m.fl., 2005), men matavfall från andra källor, exempelvis handel och livsmedelsindustri, kan vara renare. Riskbedömningen var dock att återförsel av matavfall medför att åkermarken belastas med större mängder kadmium, än om källsorterad urin eller källsorterat klosettavvatten återförs, där källsorterad urin innehåller klart lägst halter av tungmetaller (Jönsson m.fl., 2005).

Om källsorterande system för klosettavvatten används kommer läkemedelsrester och hormoner att spridas på åkermark istället för att släppas ut i vatten såsom det görs i befintliga VA-system. Generellt finns det större möjligheter för att läkemedelsrester och hormoner snabbt ska brytas ned i mark, jämfört med om de släpps ut i vatten (Emilsson m.fl., 2006; Ejhed m.fl., 2012). Mark innehåller naturligt en mycket högre koncentration av olika aktiva mikroorganismer än vatten. Det finns också olika sätt att behandla klosettavvatten så att mängden läkemedelsrester och hormoner minskar, men dessa tekniker behöver utvecklas och utvärderas innan de är

mogna för praktisk drift. Det finns kunskap om hur läkemedelsrester i avloppsvatten påverkar vattenlevande organismer. Däremot saknas kunskap om vad som händer med läkemedelsresterna i jord samt om och hur marklevande organismer påverkas.

Ett möjligt scenario i en nära framtid är att alla hushåll med enskilda avlopp – cirka en miljon – uppgraderas till laglig standard och då med källsortering av klosettavvatten (Ek m.fl., 2011). Om källsortering av klosettavvatten också införs i de 800 000 bostäder som har behov av renovering inom 5–10 år så kan cirka 13 procent av det kväve och fosfor som hamnar i toaletten återföras till åkermark (Jönsson m.fl. 2013). Växtnäringen i detta substrat motsvarar 9 procent kväve och 5 procent fosfor av den totala mängden växtnäring som potentiellt kan återanvändas, se figur 3 och 4. Det är således en mindre mängd växtnäring, och dess betydelse för jordbruket på nationell nivå är relativt begränsad. På lokal nivå skulle växtnäringen kunna betyda mycket på ekologiska växtodlingsgårdar och väsentligt minska risken för övergödande utsläpp från mänsklig aktivitet i det aktuella avrinningsområdet.

Matavfall

Trenden är att kommunerna bygger ut kapaciteten för att källsortera matavfall, vilket kommer att öka mängden matavfall som är tillgängligt för rötning. Det innebär att utveckling av logistik och källsorterande teknik pågår. Intresset hos kommuner för att göra biogas av matavfall, är starkt kopplat till att det går att göra fordonsgas av biogasen. Problematiken är att utveckla system som sorterar ut en hög andel matavfall med hög kvalitet så att inte matavfall som rötas bidrar till att anrika till exempel tungmetaller i rötresten (Jönsson m.fl., 2005; Halldorf, 2012). Om 40 procent av allt matavfall kan samlas in och rötas bidrar växtnäringen i detta substrat med 5 procent av det kväve och 4 procent av den fosfor som potentiellt kan återanvändas i växtodlingen, figur 3 och 4. Ur jordbrukssynpunkt är matavfall således en liten växtnäringsskälla. På lokal nivå kan dock växtnäringen vara ett betydande tillskott för växtodlingsgårdar. Det är tveksamt om återanvändning av matavfall skulle bidra till mindre utsläpp från jordbruket av övergödande ämnen som kväve och fosfor, samt klimatgaserna lustgas och metan. Det beror på hur mycket den befintliga hanteringen av matavfall belastar miljön och om en återanvändning i jordbruket kan minska utsläppen jämfört med dagens system.

Sammanfattning

- Stallgödsel och växtmaterial är de två potentiella substrat som innehåller störst mängder kväve och fosfor. Stallgödsel är också det substrat som har störst potential att ingå i ett kretsloppssystem för biogasproduktion inom en snar framtid eftersom utveckling pågår vad gäller samverkansformer, hanteringssystem och logistik. För växtmaterial behövs utveckling av teknik och anpassning till ett kretsloppssystem för biogasproduktion.
- Källsorterande avloppssystem och källsorterat matavfall är två substrat som sett ur ett jordbruksperspektiv innehåller en mindre mängd kväve och fosfor. Av dessa har källsorterat matavfall störst potential att ingå i ett kretsloppssystem för biogasproduktion inom en snar framtid. Många kommuner håller på att genomföra källsortering, vilket är första steget för att få fram ett kvalitativt substrat. Utveckling och implementering av källsorterande avloppssystem går mycket långsammare.



FOTO: WIKIMEDIA COMMONS

Biogas som främjar kretsloppet av växtnäring

Att röta organiskt material och producera biogas kan ge en stor klimatnytta för hela samhället om biogasen ersätter fossila bränslen inom transportsektorn. Transporter står för största delen – motsvarande 30 procent – av Sveriges utsläpp av växthusgaser. Den politiska visionen är att Sverige år 2050 ska ha en hållbar och resurseffektiv energiförsörjning utan nettoutsläpp av växthusgaser i atmosfären. Jordbruket står för en mindre del av växthusgasutsläppen – motsvarande 14 procent – men dessa utsläpp domineras av de starka växthusgaserna lustgas från mark och metan från djur och gödsel, samt också koldioxid från mulljordar (Röös m.fl., 2013). Jordbruket har däremot en stor påverkan på övergödning och står för nästan hälften av den mängd kväve och fosfor som belastar vatten. Detta innebär att jordbrukets miljö- och klimatbelastande utsläpp sannolikt inte minskar så mycket av att enbart öka rötningen av olika organiska material.

En av principerna i ekologiskt lantbruk är att anpassa produktionssystemet till lokala förhållanden såsom ekologiska, ekonomiska och sociala förutsättningar. För att uppnå en hållbar anpassning ska insatsmedel av ändliga resurser vara små och istället ska produktionen baseras på en hög grad av återanvändning av resurser, såsom växtnäring. Detta för att bevara och stärka miljön samt undvika skadliga utsläpp som orsakar negativ miljöpåverkan, exempelvis övergödning. Denna princip kan också vara vägledande då kretsloppsbaseade system för biogasproduktion utvecklas, se figur 5.

En aspekt som diskuteras är att biogasproduktion kan vara en teknisk och logistisk lösning för att fördela växtnäring mellan gårdar på lokal och regio-

nal nivå, samtidigt som producerad bioenergi kan minska användningen av fossil energi. Jordbruket kan få en nyckelroll vid biogasproduktion; som producent av stora mängder substrat av olika kvaliteter och som användare av rötrest och bioenergi. Jordbrukets primära uppgift är dock att producera foder och mat på ett hållbart sätt så att miljömålen uppnås, exempelvis ingen övergödning, giffri miljö och biologisk mångfald. Ett kretsloppsbaseerat system för biogasproduktion där jordbruket ingår behöver därför utformas så att det bidrar till en hållbar produktion av animaliska och vegetabiliska produkter. För att biogasproduktionen ska öka graden av växtnäringsutnyttjande i jordbruket behöver såväl produktion som hantering av substrat och rötresten därför leda till mindre utsläpp av kväve och fosfor.

Kretsloppet mellan stad och land är brutet, vilket gör det till en stor utmaning att utveckla organisation och teknik som ökar graden av återanvändning av kväve och fosfor i humangödsel samt i matavfall. En ökad användning av samhällets organiska restprodukter i jordbruket har ingen tydlig koppling till den lokala eller regionala platsen då konsumtionen av mat till en hög grad baseras på mat som odlats någon annanstans och sedan importerats till regionen. Miljövinster skulle vara störst för samhället om jordbruket återanvänder kväve och fosfor i speciellt humangödsel, istället för att samhället ska rena avloppsfraktioner i reningsverk. Om användningen av humangödsel i jordbruket leder till mindre övergödande utsläpp beror på om ett högre växtnäringsutnyttjande kan erhållas i växtodlingen jämfört med befintliga gödslingsstrategier.



ILLUSTRATION: © F. STENDAHL 2013

Figur 5. Biogasproduktion kan förbättra kretsloppet av växtnäring i ett jordbrukssystem där foderarealen kan försörja animalieproduktionen på ett hållbart sätt.

Tänkvärt

Att introducera biogasproduktion i ett jordbruks-system kan ge flera olika miljöeffekter här och nu samt längre bort och i framtiden. Vid miljösystemanalys försöker man beräkna den totala miljöbelastningen från ett produktionssystem och det finns också flera miljösystemanalyser som visat på positiva miljöeffekter av biogasproduktion. Men alla direkta och indirekta miljöeffekter beaktas inte, eftersom systemet är mycket komplext och det också är brist på information (Börjesson och Berglund, 2007; Pöschl m.fl., 2010; Frandsen m.fl., 2011; Rööös m.fl., 2013). Detta gör att systemanalysernas resultat är behäftade med stora osäkerheter.

Blir det mindre utsläpp med rötad gödsel istället för flytgödsel?

Det är avgörande att bästa teknik och kunskap används vid hantering av såväl stallgödsel som rötrest. I en scenarioanalys av vad som händer när man sprider rötrest respektive icke rötad svinflytgödsel på hösten, blev utsläppen av kväve och fosfor större, jämfört med spridning på våren som är den rekommenderade tidpunkten (Frandsen m.fl., 2011). Dessutom blev utsläppen av kväve större från rötresten än från svinflytgödseln, just på grund av att rötresten innehöll mer ammoniumkväve per ton.

Kan biogasproduktion i kombination med bästa teknik öka återanvändningen av växtnäring och minska miljöbelastningen?

Om biogasproduktion med rötning av stallgödsel i ett större perspektiv ska minska negativa miljöeffekter, behöver stallgödseln komma från jordbruks-system där ägg-, mjölk- och köttproduktion är integrerad med lokal foderproduktion. En specialiserad animalieproduktion som är beroende av stor foderimport, importerar också stora mängder ny växtnäring som anrikas i stallgödseln. Den lokala belastningen av kväve- och fosforutsläpp till mark, luft och vatten blir då oacceptabelt hög och denna belastning kvarstår även om gödseln rötas. Att anrika onödigt stora överskott av exempelvis fosfor i åkermarken är också ett resursslöseri, se figur 6.

Kan biogasproduktion baserad på växtmaterial öka återanvändningen av växtnäring och minska miljöbelastningen?

Ja, om växtmaterial som ger mervärden till jordbruket rötas. Det kan vara växtmaterial från ett odlingssystem som främjar markbördighet, biodiversitet och växtskydd samt hämmar ogräs och minskar utsläpp av kväve och fosfor. Vid rötning av växtmaterial bryts organiskt bundet kväve ned till ammoniumkväve, vilket innebär att rötresten innehåller mer direkt växttillgängligt kväve än det ursprungliga växtmaterialet och därmed finns potential för ett bättre kväveutnyttjande vid gödning med rötresten.

Om det finns för mycket växtnäring lokalt, kan man då minska utsläpp av kväve och fosfor genom att transportera stallgödsel eller rötrest till åkermark någon annanstans?

Att transportera stallgödsel är dyrt och därför behövs en mottagare med behov av växtnäring inom ett rimligt avstånd. Den ekonomiskt rimliga gränsen har beräknats till cirka två mil för stallgödsel med hög vattenhalt såsom flytgödsel. I djurtäta regioner eller länder kan därför situationen vara så att det inte finns någon mottagare på rimligt avstånd och då fungerar inte denna regionala fördelningsmodell. Om stallgödsel eller rötrest från biogasproduktion förädlas så att volymen minskar och koncentrationen av växtnäring ökar så kan de förädlade produkterna transporteras längre sträckor. Ska denna strategi minska utsläppen av kväve och fosfor krävs fortfarande en mottagare som behöver växtnäring. Dessutom måste tekniken som förädlar stallgödsel eller rötrest vara resurseffektiv. Även om teknik och system utvecklas som transporterar bort växtnäring från regionen, så kommer den intensiva djurhållningen att orsaka lokala utsläpp av kväve och fosfor. Framförallt i form av ammoniak från stall och vid hantering av stallgödsel. Stora lokala utsläpp av kväve och fosfor kan också ske från icke täckta lager, bristfälliga lagringsplatser, eller från betesmark med ett högt antal djur per hektar och upptrampad mark.



ILLUSTRATION: © F. STENDAHL 2013

Figur 6. Att röta stallgödsel från en specialiserad animalieproduktion med stor foderimport ger stora utsläpp av kväve och fosfor lokalt.

Finns kunskap om processteknik och produktförädling?

För närvarande processas 8 procent av producerad stallgödsel i EU-länderna där de tekniker som används har syftet att minska volymen gödsel och/eller koncentrera växtnäringens innehåll i gödseln för att kunna transportera bort den från djurtäta områden. Det finns dock knapphändig information om hur teknikerna verkligen fungerar och används inom jordbruket. Det saknas också kunskap om teknikerna i praktiken ökar återanvändningen av växtnäring och minskar utsläppen av kväve och fosfor (Frandsen m.fl., 2011; Sindhöj och Rodhe,

2013). En intressant processteknik ska kunna minska mängden stallgödsel för att reducera kostnader för logistik, lagring, transport och spridning. Processtekniken ska också minska utsläpp som orsakar negativ miljöpåverkan. Utmaningen är att optimera såväl process som användning av slutprodukter så att systemet som helhet både är ekonomiskt och miljömässigt hållbart. För detta behövs kunskap om hur processtekniker kan anpassas till olika hanteringssystem för stallgödsel och hur ett högt växtnäringssutnyttjande kan uppnås vid användning av olika förädlade produkter.



FOTO: JESPER HEDBERG

Gårdsbaserad biogasproduktion

Gårdsbaserad biogasproduktion har utvecklats snabbt under de sista åren. En orsak har varit möjligheten för lantbruksföretag med tillgång på stallgödsel att söka investeringsstöd med upp till 30 procent av den totala kostnaden. Cirka femtio biogasanläggningar har fått detta stöd från jordbruksverket. För att få stödet ska mängden substrat in till biogasanläggningen bestå av minst 50 procent stallgödsel. De flesta biogasanläggningar som fått stöd producerar värme och el.

En anläggning på gårdsnivå som motsvarar rötning av 300–800 m³ gödsel per år från 100–500 djurenheter passar tekniskt och ekonomiskt bäst för produktion av värme och el. Det ekonomiska värdet av egenproducerad el från biogas beror både på om elen kan säljas ut på nätet eller om elen kan användas på den egna gården och därmed minska behovet av inköpt el. Produktionskostnaderna minskar också väsentligt om det finns avsättning för producerad överskottsvärme. Samtidigt finns ett stort intresse inom jordbruket för att kunna upgradera

biogas till fordonsgas på gårdsnivå till en rimlig kostnad och dessutom kunna använda fordonsgas till gårdens egen maskinpark. Kostnaden för uppgraderingen betalar sig idag bara i samröttningsanläggningar som producerar stora volymer biogas. Det pågår dock utveckling av ny teknik eller förbättring av befintlig teknik för att också småskalig uppgradering ska kunna bli ekonomiskt intressant (Andersson, 2013; Held, 2013; Hansson m.fl., 2013). Det finns enstaka studier på biogasdrivna traktorer som utvärderats i praktisk drift (Biogas Syd, 2011). Jordbruksverket och Transportstyrelsen har ett pågående uppdrag att se till att arbetsmaskiner konverteras till metan-dieseldrift (MEKA-projektet, 2013).

Rötning av fastgödsel och andra fiberrika material

Det är klart intressant ur energisynpunkt att kunna röta fastgödsel och andra energitäta fiberrika organiska material. Nästan en fjärdedel av total energi-

potential från stallgödsel finns i fastgödsel från fjäderfå och häst i Sverige. Det vanligaste systemet för biogasproduktion som är våtrötning, behöver dock anpassas för att kunna röta dessa substrat med framgång. Substraten behöver sönderdelas vilket fungerar med enkel teknik men tekniken måste vara robust och prisvärd. Utrustningen behöver också vara driftssäker samt energisnål. Syftet med förbehandlingen är att få ett homogent substrat så att det blir mer tillgängligt för mikroorganismerna samt är lättare att blanda med andra substrat. Utmaningen är att utveckla teknik och hantering för förbehandling, biogasproduktion och hantering av rötresten så att anläggningen uppnår ett stort gasutbyte, utan att förbruka mer el än vid rötning av homogena substrat. I pilotförsök har man haft problem med att fasta heterogena material fastnar i pumpar och skruvar och att de kan innehålla jord, sten och metallföremål som också orsakar driftsstopp. En annan intressant rötningsteknik är satsvis torrötning som passar bra till fastgödsel, park- och trädgårdsavfall. Den är dock inte vanlig på biogasanläggningar då berednings- och inblandningsteknik behöver utvecklas för att kunna samröta olika substrat så att man får en så jämn utrötning som möjligt (Nordberg och Nordberg, 2007).

Certifiering

Utveckling av certifieringssystemet pågår och är en metod för att på sikt få fram en renare rötrest. Under år 2013 ska Avfall Sverige revidera manualen för plockanalyser av hushållsavfall för att bli effektivare i att hitta och åtgärda källan till kontaminering (Avfall Sverige, 2011). Bland annat kommer andelen funna läkemedelsrester att redovisas separat.

På europeisk nivå pågår ett arbete med utveckling av End-of-Waste-kriterier för biologiskt nedbrytbart material som klassas som avfall för att kunna klassas material som produkt istället. Detta arbete följs av Sverige och kommer bland annat att påverka certifieringen av biogödsel. En trolig konsekvens är att det blir lägre tillåtna halter av koppar och zink i biogödsel samt i stallgödsel som handelsvara. Likaså finns ett förslag på gränsvärden för organiska föroreningar, såsom några olika typer av dioxiner och flamskyddsmedel. En annan trolig konsekvens är att biologiskt behandlat organiskt material som uppfyller End-of-Waste-kriterier och klassas som en produkt kan transporteras och säljas eller köpas mellan länder inom EU (personligt meddelande Ola Palm).

Personliga meddelanden

Bo von Bahr, 2013-04-18. Biogödsel certifiering. SP Sveriges tekniska forskningsinstitut, Borås.

Mats Edström, 2013-09-23. Forskare vid JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.

Stefan Halldorf, 2013-09-06. Energirådgivare Hushållningssällskapet Kalmar.

Ola Palm, 2013-04-20. Forskningschef vid JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik Uppsala.

Referenser

- Amon, B., Kryvoruchko V., Amon, T., Zechmeister-Boltenstern, S. 2006. Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agric. Ecosys. Environ.* 112, 153-162.
- Andersson, J. 2013. Uppgradering av biogas med aska från trädbränslen. Examensarbete 2013:01. Institutionen för energi och teknik SLU Uppsala. 54 sidor.
- Avfall Sverige. 2011. Nationell kartläggning av plockanalyser av hushållens kärll- och säckavfall. Rapport U2011:04. Avfall Sverige.
- Biogas Syd AB. Biogasdrivna dual fuel-traktorer i lantbruk, entreprenad och kommuner – en förstudie. 94 sidor. www.biogassyd.se
- Börjesson, P. och Berglund, M. 2007. Environmental systems analysis of biogas systems—Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. *Biomass and Bioenergy* 31, 326-344.
- Carlsson, M. och Uldal, M. 2009. Substrathandbok för biogasproduktion. Rapport SGC 200, 1102-7371, ISRN SGC-R-200-SE. Svenskt Gastekniskt Center AB. 37 sidor.
- Clemens, J., Trinborn, M., Weiland, P., Amon, B. 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agric. Ecosys. Environ.* 112, 171–177.
- Ek, M., Junestedt, C., Larsson, C., Olshammar, M., Ericsson, M. 2011. Teknikenkät – enskilda avlopp 2011. SMED Rapport 44, Svenska MiljöEmissionsData.
- Ejhed, H., Magnér, J., Olshammar, M., Remberger, M., Norström, K., Lilja, K., Bibi, M., Reimer, K.-A. 2012. Enskilda avlopp som källa till läkemedelsrester och andra kemikalier. Rapport, IVL.
- Emilsson, K.B., Jenssen, P.D.J., Flatlandsmo, A., Greatorex, J., Hellström, D., Magid, J., Malmén, L., Palm, O., Santala, E. 2006. Klosettventilationsystem – Nordisk inventering och förslag till FoU. TemaNord 2006:503. Nordiska Ministerrådet, Köpenhamn, Danmark.
- EG nr 1069/2009. EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING (EG) nr 1069/2009 av den 21 oktober 2009 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter och därav framställda produkter som inte är avsedda att användas som livsmedel och om upphävande av förordning (EG) nr 1774/2002 (förordning om animaliska biprodukter). 64 sidor. Se också komplettering till EG nr 1069/2009 – ändringar i översättning. www.sjv.se.
- EU nr 142/2011. KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EU) nr 142/2011 av den 25 februari 2011 om genomförande av Europaparlamentets och rådet förordning (EG) nr 1069/2009 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter och därav framställda produkter som inte är avsedda att användas som livsmedel och om genomförande av rådets direktiv 97/78/EG vad gäller vissa prover och produkter som enligt det direktivet är undantagna från veterinärkontroller vid gränsen. Se också EU No 555/2013, ändring till förordning 142/2011 samt EU No 717/2013, ändring till förordning 142/2011 på www.sjv.se.
- Foged, H.L., Flotats, X., Bonmati, A., Palatsi, B.J., Magri, A., Schelde, K.M. 2011. Inventory of manure processing activities in Europe. Technical Report No I concerning "Manure Processing Activities in Europe" to the European Commission, Directorate-General Environment Manure Processing Activities in Europe - Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007.
- Frandsen TO, Rodhe L, Baky A, Edström M, Sipilä IK, Petersen SL, Tybirk K. 2011. Best Available Technologies for pig Manure Biogas Plants in the Baltic sea Region. Published by Baltic Sea 2020, Stockholm 159 pp. Annex F and G page 99-120.
- Halldorf, S. 2012. Varför gör inte alla kommuner biogas av sitt avfall? En pilotstudie i Sydost - Kronobergs, Kalmar och Blekinge län. Hushållningssällskapet Kalmar. www.hushallningssallskapet.se.
- Hansson M., Laurell J., Nordberg Å., Rasmuson Å., Liu J., Nistor M, Strömberg S, Costa J. 2013. In-situ methane enrichment of raw biogas in the anaerobic digestion process (Metanarikning av rågasen under rötningsprocessen). SGC Rapport 2013:280. Svenskt Gastekniskt Center AB, Malmö. www.sgc.se.
- Held J. 2013. Small and medium scale technologies for bio-SNG production (Teknologier för produktion av bio-SNG i liten och mellanstor skala). SGC Rapport 2013:281. Svenskt Gastekniskt Center AB, Malmö. www.sgc.se.
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 10. Emissions from Livestock and Manure Management. Authors: Dong, H., Mangino, J., McAllister, T.A., Hatfield, J.L., Johnson, D.E., Lassetz, K.R., Aparecida de Lima, M., Romanovskaya, A. Intergovernmental Panel on Climate Change. IGES, Japan.
- Jönsson, H., Vinnerås, B., Höglund, C., Stenström, T.A., Dalhammar, G., Kirchmann, H. 2000., Källsorterad humanurin i kretslopp. VA-FORSK Report 2000•1. VA-FORSK/VAV.

- Jönsson, H., Baky, A., Jeppsson, U., Hellström, D., Kärman, E. 2005. Composition of urine, faeces, greywater and bio-waste for utilisation in the URWARE model. Report 2005:6, Urban Water, Chalmers, Sweden.
- Jönsson, H., Nordberg, Å., Vinnerås, B. 2013. System för återföring av fosfor i källsorterade fraktioner av urin, fekalier, matavfall och i liknande rötat samhälls- och lantbruksavfall. Rapport ISSN 1654-9406. Institutionen för energi och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet Uppsala.
- Karlsson, S. 1996. Åtgärder för att minska ammoniakemissionerna vid lagring av stallgödsel. Rapport 228. Lantbruk och Industri. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik Uppsala.
- Karlsson, S., Rodhe, L. 2002. Översyn av Statistiska centralbyråns beräkning av ammoniakavgången i jordbruket – emissionsfaktorer för ammoniak vid lagring och spridning av stallgödsel. Ett projekt utfört på uppdrag av Jordbruksverket. JTI Uppdragsrapport, Uppsala.
- Kemi. 2011. Kadmiumhalten måste minska – för folkhälsans skull. Rapport 1/11, Kemikalieinspektionen.
- Larsen, K.E., Petersen, J., Hansen J. F. & Sommer S. G. 1992. Nitrogen effect of raw and fermented slurry after surface spreading and direct injection. Saertryck af Tidsskrift for planteavl 96, 223-243.
- Linné, M., Ekstrandh, A., Englesson, R., Persson, E., Björnsson, L., Lantz, M. 2008. Den svenska biogaspotential från inhemska restprodukter. Avfall Sverige, Svenska biogasföreningen, Svenska gasföreningen och Svenskt Vatten. Lund.
- Luostarinen, S. (ed.) 2013. Energy Potential of Manure in the Baltic Sea Region – Biogas Potential & Incentives and Barriers for Implementation. Baltic MANURE WP6 Energy potentials. Pages: 10-14, 43-47, 72-73. http://www.balticmanure.eu/en/knowledge_forum/reports/project_results/manure_energy_potential_of_manure_in_the_baltic_sea_region_biogas_potential_incentives_and_barriers_for_implementation.htm (Available 2013-03-21)
- Luostarinen, S., Normak, A., Edström, M. 2011. Overview of Biogas Technology. Baltic MANURE WP6 Energy potentials. http://www.balticmanure.eu/download/Reports/baltic_manure_biogas_final_total.pdf (Available 2013-04-05)
- MEKA-projektet, 2013. Metan diesel Efter Konvertering av Arbetsmaskiner. Jordbruksverket och Transportstyrelsens uppdrag från regeringen. www.sjv.se (2013-10-07).
- Naturvårdsverket. 2012. Siffror om avloppsrening. Tillgänglig 2012-09-10 på länken: <http://www.naturvardsverket.se/Start/Verksamheter-med-miljopaverkan/Avlopp/Siffror-omavloppsvattenrening/>.
- Nordberg, U. och Nordberg, Å. 2007. Torrrotning – kunskapsmanställning och bedömning av utvecklingsbehov. JTI-rapport Lantbruk & Industri 357. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala. www.jti.se.
- Novak, S. M. & Fiorelli, J. L. 2010. Greenhouse gases and ammonia emissions from organic mixed crop-dairy systems: a critical review of mitigation options. Review article. *Agronomy for Sustainable Development* 30(2), 215-236.
- Pöschl, M., Ward, S., Owende, P. 2010. Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways. *Applied Energy* 87, 3305-3321.
- Regina K., Kaseva J., Esala M., 2013. Emissions of nitrous oxide from boreal agricultural mineral soils – Statistical models based on measurements. *Agriculture, ecosystems and environment* 164, 131-136.
- Rodhe, L. och Jonsson, C. 1999. Provtagarutrustning för fastgödsel. JTI rapport lantbruk & Industri Nr 252. JTI Uppsala.
- Rodhe, L., Baky, A., Olsson, J., Nordberg, Å. 2012. Växthusgaser från stallgödsel – Litteraturgenomgång och modellberäkningar. Lantbruk och Industri 402. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik Uppsala.
- Rodhe, L., Ascue, J., Tersmeden, M., Willén, A., Nordberg, Å., Salomon, E. och Sundberg, M. 2013 Växthusgaser från rötad och orötad nötflytgödsel vid lagring och efter spridning – samt bestämning av ammoniakavgång och skörd i vårkorn. Rapport 413 Lantbruk & Industri. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik Uppsala.
- Rodhe L. och Pell M. 2005. Täckt ytmullning av flytgödsel i vall – teknikutveckling, ammoniakavgång, växthusgaser och avkastning. JTI-rapport Lantbruk & Industri nr 337. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- RVF, 2005. The Swedish Association of Waste Management. Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas. Rapport 2005:07, Malmö.
- Röös, E., Sundberg, C., Salomon, E., Wivstad, M. 2013. Ekologisk produktion och klimatpåverkan – En sammanställning av kunskapsläge och framtida forskningsbehov. SLU, EPOK – Centrum för ekologisk produktion och konsumtion.
- Salomon, E., Åkerhielm, H. & Richert Stintzing, A. 2005. Fertiliser effect of digested household waste. In: Proceedings of the 7th FAO/SREN-Workshop on Anaerobic Digestion for Sustainability in Waste (Water) Treatment and Re-Use. Uppsala, Sweden, November 30 – December 2, 2005. Session 6.
- SCB, Jordbruksverket, Naturvårdsverket och LRF 2007. Hållbarhet i svenskt jordbruk. SCB-tryck, Örebro 2007.02. 102 sidor.
- SCB, 2011. Kväve- och fosforbalanser för jordbruksmark och jordbrukssektor 2009. MI 40 SM 1102. Statistiska centralbyrån.
- Sindhöj, E. and Rodhe, L. (editors) 2013. Examples of implementing manure processing technology at farm-level. Baltic Manure WP3 Innovative Technologies for Manure Handling. April 2013. 55 pages www.balticmanure.eu
- SJVFS 2011:21 Saknr K 14. Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 2006:84) om befattning med animaliska biprodukter och införsel av andra produkter, utom livsmedel, som kan sprida smittsamma sjukdomar till djur. Statens jordbruksverks författningssamling, Jönköping.
- Sommer, S.G., Husted, S. 1995. The chemical buffer system in raw and digested animal slurry. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 124, 45-53.
- Sommer S G, Petersen S O, Søgaard HT., 2000. Greenhouse gas emissions from stored livestock slurry. *J. Environ. Qual.* 29, 744-751.
- Sommer, S. G., Jensen, L. S., Clausen, S. B. & Søgaard, H. T. 2006. Ammonia volatilization from surface-applied livestock slurry as affected by slurry composition and slurry infiltration depth. *Journal of Agricultural Science*, 144, 229-235.
- Statens Energimyndighet, 2012. Produktion och användning av biogas år 2011. ES 2012:08.
- Steineck, S., Djurberg, L., Ericsson, J. 1991. Stallgödsel. Speciella skrifter 43. Sveriges lantbruksuniversitet Uppsala.
- Steineck, S., Gustafson, G., Andersson, A., Termheden, M., Bergström, J. 1999. Stallgödselns innehåll av växtnäring och spårelement. Rapport 4974. Naturvårdsverkets förlag, Stockholm.
- Steineck, S., Gustafson, A., Richert Stintzing, A., Salomon, E., Myrbeck, Å., Albin, A., Sundberg, M. 2000. Växtnäring i kretslopp. SLU kontakt 11. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Strid, I., Gunnarsson, C., Karlsson, H., Edström, M., Bertilsson, J., 2013. Mer och bättre vall till mjölkproduktion och återväxtvall till biogas. Rapport 050. Institutionen för energi och teknik SLU Uppsala.
- Svensk Växtkraft AB Årsredovisning 2012. www.svenskvaxtkraft.se (2013-09-22).
- Vågström, L. 2005. Evaluation of a handling system for ley crop used in biogas production. RKA 32, Rapporter kretslopp och avfall. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik Uppsala.
- Webb, J., Sørensen, P., Velthof, G., Amon, B., Pinto, M., Rodhe, L., Salomon, E., Hutchings, N., Burczyk, P., Reid, J. 2013. An Assessment of the Variation of Manure Nitrogen Efficiency throughout Europe and an Appraisal of Means to Increase Manure-N Efficiency. *Advances in Agronomy* 119, 371-442.
- Wivstad, M., Salomon, E., Spångberg, J., Jönsson, H. 2009. Ekologisk produktion – möjligheter att minska övergödning. CUL – Centrum för uthålligt lantbruk, Sveriges lantbruksuniversitet Uppsala..

Att sluta kretsloppen och utnyttja växtnäringspotentialen i olika restprodukter är en central tanke i ekologisk produktion. Därför är rötrest från biogas-anläggningar ett intressant gödselmedel.

Rötresten kan också vara ett gödselmedel som tillför direkt växttillgängligt kväve doserat efter grödans behov.

Arbetet har finansierats av jordbruksverket genom projektstöd inom landsbygdsprogrammet – Landet lär.



Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling: Europa investerar i landsbygdsområden

