



Rapport 2015:29

Avfall Sveriges Utvecklingsatsning

ISSN 1103-4092

**Sammanställning av resultat från
försök med biogödsel i norra Europa**



FÖRORD

Denna rapport är en revidering av tidigare rapport B2012:03 ”Sammanställning av resultat från långliggande försök med biogödsel i Norden”. Författare till rapporten är Sara Bergström-Nilsson, Hushållningssällskapet Halland.

Inom Avfall Sveriges arbetsgrupp för biologisk återvinning har en strategi för marknadsföring av biogödsel tagits fram. Strategin innehåller flera aktiviteter som ska genomföras med syfte att nå visionen om att biogödsel ska vara marknadens bästa organiska gödsel- och jordförbättringsmedel. Denna revidering av tidigare biogödselrapport (B2012:03) visar på ett överskådligt och pedagogiskt sätt intressanta försök och studier som genomförts inom området användning av biogödsel i växtodling. Vår förhoppning är att lantbrukare som idag använder eller planerar att använda biogödsel, samt lantbruksrådgivare, med hjälp av denna rapport får tillgång till uppdaterad aktuell information om hur biogödsel kan användas på bästa sätt.

Malmö december 2015

Per-Erik Persson
Ordförande Avfall Sveriges utvecklingsnämning
Biologisk återvinning

Weine Wiqvist
VD Avfall Sverige

SAMMANFATTNING

Biogödsel är ett organiskt gödselmedel vars kväveverkan ofta motsvarar dess innehåll av ammoniumkväve. Störst kväveeffekt har uppmätts när biogödsel spridits till grödor med lång vegetationsperiod som vall och sockerbeter. Biogödseln har en låg kol/kväve-kvot, vilket minskar risken för fastläggning av kväve i marken efter spridning. En stor andel av gödselns totalkväve kommer därför årets gröda till godo. Biogödsel har ofta ett högt pH-värde vilket ökar risken för kväveförluster under lagring och spridning jämfört med för stallgödsel. Försök visar dock att spridning av biogödsel kan ge lägre kväveförluster jämfört med vid spridning av grisflytgödsel. Detta beror sannolikt på att biogödseln ofta har en lägre halt av torrsubstans (TS) jämfört med stallgödsel, vilket gör det lättare för den att tränga ner i marken. För att minimera kväveförluster från biogödsel är det viktigt att lagra den under täckning samt att snabbt bruka ner den i jorden efter spridning. Genom att tillföra syra till biogödseln inför spridning kan kväveförlusterna minska kraftigt. Utlakningsförsök med biogödsel visade tendens till lägre kväveutlakning från fält som fått biogödsel jämfört med stallgödsel, men skillnaden var inte signifikant. Användning av biogödsel istället för flytgödsel från ko eller gris, kan minska lustgasavgången från mark, då samma mängd ammoniumkväve tillförs.

Ekologiskt godkänd biogödsel kan vara värdefull för den ekologiska växtodlingen där det ofta är brist på kväverika gödselmedel. Genom att röta grön gödselmaterial och återföra det i form av biogödsel till åkern, så kan skörd, grödkvalitet och odlingssystemets kväveeffektivitet öka.

Fosfor i en biogödsel är mer växttillgänglig än vad den var i substratblandningen före rötningen. Fosfor i biogödseln är snabbare tillgänglig för grödan än i flera organiska gödselmedel med en högre TS-halt. Långsiktigt har biogödsel samma fosforeffekt som andra organiska gödselmedel. Organiska gödselmedel, däribland biogödsel, har en positiv effekt på markstrukturen. Höga halter av salter som natrium i biogödseln kan ha negativ effekt på jordar som har lätt att slamma igen.

Under rötningen dör ogräsfrön och flera patogener samtidigt som luktintensiteten minskar. Det är en låg förekomst av oönskade ämnen som bekämpningsmedelsrester, antibiotika och organiska föroreningar (ftalater mm) i biogödsel. Biogödsel har ibland ett högre innehåll av växtnäring per volymsenhet än stallgödsel. En hög näringsstäthet medför att kostnader för spridning och markpackning kan minska om samma mängd växtnäring ska spridas. Att regelbundet använda biogödsel framför mineralgödsel ökar också kolhalten i jorden och dess kvävemineraliserande förmåga. Vidare medför användning av biogödsel minskad risk för brist på mikronäringsämnen jämfört med om grödan endast får mineralgödsel. Halten tungmetaller i biogödseln varierar mellan olika anläggningar och under året. Studier som undersökt biogödsel baserad på matavfall har endast funnit låga halter av tungmetaller, bortsett från zink där halten var högre vilket kan begränsa mängden biogödsel som kan tillföras per hektar åkermark.

Biogödseln kan separeras och pelleteras för att underlätta avsättningen. Under dessa behandlingssteg finns risk för kväveförluster och forskning pågår för att hitta tekniker för att minimera dessa förluster. I Tyskland testas ett nytt användningsområde för pelleterad biogödsel: som strömedel till slaktkyckling. Andra användningsområden för pelleterad biogödsel är som riktade gödselmedel, exempelvis "ros gödsel". Främsta avsättningen av biogödsel är fortfarande till lantbruket och resultatet från en enkät visar att lantbrukarna föredrar att gödselmedel ska vara granulerade, ha en hög näringskoncentration, innehålla kol, vara hygieniserat och billigare än mineralgödsel.

INNEHÅLL

1	Bakgrund	1
2	Syfte	1
3	Metod	1
4	Sammanställning av kväveförsök med biogödsel	2
4.1	Kol/kväve-kvotens effekt på kväveutnyttjandet	2
4.2	Biogödsel till grödor med kort vegetationsperiod	3
4.2.1	Svenska försök i vårsäd	3
4.2.2	Danska försök i vårsäd	3
4.2.3	Norska försök i vårsäd	4
4.3	Biogödsel till grödor med lång vegetationsperiod	5
4.3.1	Svenska försök	5
4.3.2	Danska försök	5
4.3.3	Finska försök	6
4.4	Biogödsel till hortikulturella grödor	6
4.5	Biogödsel till energigrödor	6
4.6	Biogödsel inom ekologisk produktion	7
4.6.1	Ekologisk spannmål och sockerbetor	7
4.6.2	Ekologiskt vallfrö	7
5	Biogödselns effekt på marken	8
5.1	Näringsämnen	8
5.1.1	Tillgänglighet av fosfor i biogödsel	8
5.2	Markstruktur	8
5.3	Mikroorganismer	9
5.4	Kol	10
5.5	Oönskade ämnen	10
5.5.1	Tungmetaller	10
5.5.2	Bekämpningsmedel	11
5.5.3	Organiska föroreningar	11
5.5.4	Antibiotika	12
5.5.5	Smittor	12
5.5.6	Ogräs	12
6	Förluster av kväve	13
6.1	Kväveförluster vid lagring	13
6.2	Kväveförluster vid spridning	13
6.3	Kväveförluster från biogödsel genom utlakning	13
6.4	Lustgas från mark	14
7	Lukt vid lagring och spridning	15
8	Behandling av biogödsel	16
8.1	Surgörning av biogödsel	16
8.2	Produktion av pelleterad gödsel från biogödsel	16
9	Försäljning av biogödsel, försäljarens perspektiv	17
10	Användning av biogödsel, en lantbrukares perspektiv	18
10.1	Kostnad för markpackning och spridning	18
11	Diskussion	19
	Referenser	20

1 BAKGRUND

På uppdrag från Avfall Sverige har Sara Bergström Nilsson, Hushållningssällskapet Halland, genomfört en översikt över fältförsök med biogödsel i Norra Europa. Detta är en revidering av tidigare rapport om biogödsel, rapport B2012:03. Rapporten har kompletterats med ytterligare studier eftersom dessa har bedömts relevanta för läsarna. Rapporten inkluderar även en beräkning som tydliggör vikten av en hög näringskoncentration i biogödseln och hur detta påverkar kostnaderna för spridning och markpackning.

2 SYFTE

Projektets mål är att på ett överskådligt och pedagogiskt sätt redovisa resultat från försök med biogödsel.

3 METOD

Översikten baseras på artiklar och rapporter som hämtats genom sökningar i Google scholar, Organic Eprints, SJV:s FoU-databas, Svensk Lantbruks forskning och Sverigeförsöken. Uppgifter har även inhämtats via personliga meddelanden och deltagande vid en internationell konferens om organiska gödselmedel (Ramiran 2015, Hamburg).

4 SAMMANSTÄLLNING AV KVÄVEFÖRSÖK MED BIOGÖDSEL

Biogödsel är en heterogen produkt vars egenskaper varierar beroende på ingående substrat och biogasanläggningarnas individuella process. I och med rötning ändras egenskaperna för de ingående substraten: pH och halten ammonium ökar samtidigt som halten kol minskar.

Kväveeffekten från ett organiskt gödselmedel beror bl. a. på halten kväve, om kvävet är organiskt bundet eller i mineralform samt mängden lättillgängligt kol. För att värdera förhållandet mellan mängden kväve och kol används ofta parametern kol/kväve-kvot. Ju lägre kol/kväve-kvot, desto högre utnyttjandegrad av ett gödselmedels totalkväve.

Det finns ett begränsat antal nordiska växtodlingsförsök där man studerat olika aspekter av biogödsel. Ett problem med att sammanställa dessa är att försöksplaneringen varierar och det är inte alltid samma sak som studeras. Ibland jämförs kväveeffekten med biogödselns totalkväve, ibland med dess innehåll av ammoniumkväve och stundtals jämförs kväveeffekten med stallgödsel. Kväveeffekten av biogödsel kan förväntas variera beroende av vilken gröda som odlas då längden på grödans vegetationsperiod varierar. Under en lång vegetationsperiod ökar chansen att uppnå en högre kväveeffekt från biogödseln, då större del av det organisk bundna kvävet hinner mineraliseras och komma grödan till godo.

4.1 Kol/kväve-kvotens effekt på kväveutnyttjandet

En svensk studie har undersökt om kväveeffekten från ett organiskt gödselmedel kan bedömas utifrån dess kol/kväve-kvot (C/N-kvot). Studien genomförde ett treårigt fältförsök med bland annat två led med biogödsel. Forskarna fann ett linjärt samband mellan kväveeffekten i grödan och gödselmedlets C/N-kvot. En låg C/N-kvot gav en hög kväveeffekt. Kväveeffekten från biogödsel var mellan 60 och 80 % av totalkvävet. Forskarna tror att kol/kväve-kvoten kan ge minst lika god vägledning som att se på ett gödselslags innehåll av ammoniumkväve. (Delin och Engström, 2013).

Tabell 1 Ungefärligt mineralgödselvärde vid olika kol/kväve-kvoter (från Delin och Engström, 2013)

KOL/KVÄVE-KVOT	MINERALGÖDSELVÄRDE (% AV TOTALKVÄVET)
1	80%
3	70%
5	60%
7	50%
9	40%
11	30%
13	20%

4.2 Biogödsel till grödor med kort vegetationsperiod

4.2.1 Svenska försök i vårsäd

Under perioden 1999-2004 genomfördes växtodlingsförsök i Jönköping med rotat matavfall till vårsäd. I försöken jämfördes effekten av flytande respektive avvattnad biogödsel jämfört med mineralgödsel. När flytande biogödsel spreds på våren i samband med sådd var kväveeffekten av biogödselns totalkväve 72-105% jämfört med mineralgödselkväve. I försöket undersöktes också kväveeffekten av att sprida mineralgödsel vid sådd och sedan komplettera med biogödsel i växande gröda. Detta resulterade i ett kväveutnyttjande mellan 54 och 89 % jämfört med led som endast fått mineralkväve. En förklaring till det lägre utnyttjandet ligger troligen i ökade spridningsförluster samt att en större andel av det organiskt bundna kvävet inte hann mineraliseras innan grödans kväveupptag hade avslutats (Baky m fl 2006).

I samma försök utvärderades även effekten av avvattnad biogödsel till vårsäd. Effekten av totalkvävet i den avvattnade biogödseln motsvarade 65-80 % jämfört med led som fick mineralgödsel. Den lägre effekten beror troligtvis på att en större andel av totalkvävet var organiskt bundet och därmed inte direkt tillgängligt för grödan. Försöket visade vikten av årsmånen, då fuktiga och varma somrar resulterade i att mer kväve mineraliserades jämfört med kalla eller torra somrar (Baky m fl 2006).

I Halland undersöktes effekten av biogödsel till vårkorn under perioden 1993-2000 (Ekre, opubl). Biogödseln spreds med släpslang och brukades ner innan sådd av vårkorn. Effekten av kvävet i biogödseln och grisflytgödseln var likartad och kväveeffekten motsvarade gödselns innehåll av ammoniumkväve. Odlare m fl (2008) genomförde en 6-årig studie där det studerades hur spridning av olika organiska gödselmedel (grisflytgödsel, nötfastgödsel, hushållskompost, rotat slam och biogödsel) påverkade bl.a. skörden i havre och vårkorn. Alla led tillfördes 100 kg totalkväve. Gödsling med biogödsel medförde en signifikant högre skörd jämfört med kompost, men jämfört med grisflytgödsel var skörden inte signifikant högre.

4.2.2 Danska försök i vårsäd

En jämförelse av rotad och icke rotad grisgödsel till vårkorn genomfördes 2002 och 2003 i Danmark. Gödseln tillfördes marken på våren innan sådd och spreds med antingen släpslang eller myllningsaggregat. Alla led fick samma mängd lättillgängligt kväve i form av mineralkväve eller ammoniumkväve. I försöket fanns tendenser till högre kvävevärde vid användning av rotad gödsel jämfört med orötad. Skillnaderna var dock inte signifikanta. Det fanns också tendenser till ett högre kväveutnyttjande i leden som fick någon form av organisk gödsel jämfört med ledet som fick motsvarande mängd kväve i form av mineralkväve (Hansen, Birkmose och Skaaning 2004 och Landsforsøgene, 2003).

I samband med ett utlakningsförsök jämfördes kväveeffekten från orötad gödselblandning (bestående av nöt- och grisgödsel samt slakteriavfall), rotad gödselblandning, nötgödsel och mineralgödsel. Gödseln spreds på våren direkt inför sådd av vårkorn. Den organiska gödseln plöjdes ner, medan mineralgödseln lades på ytan. Lika mycket ammoniumkväve tillfördes fälten. Avkastningen och kväveutnyttjandet var lika stor efter tillförsel av biogödsel som efter mineralkväve. Kväveutnyttjandet efter nötgödseln var däremot mycket låg och detta beror troligtvis på en tillfällig fastläggning av kvävet efter spridning av gödseln. Även ledet som tillfördes orötad gödselblandning hade en kraftig fastläggning av kväve och låg utnyttjandegrad av kväve. Delar av det immobiliserade kvävet mineraliserades efter odlingssäsongen vilket medförde en högre kväveutlakning, se vidare under rubrik "Förluster från utlakning" (Sørensen och Birkmose, 2002).

År 2010 genomfördes en bedömning av kväveeffekten i vårkorn, havre och höstvetete från olika biogödsel och stallgödsel. Det som jämfördes var flytgödsel från gris och ko före respektive efter rötning, samt växtbaserad biogödsel från klöver/gräs, gul lupin eller rågvete/(vinter)vicker. Andelen ammoniumkväve av totaltkvävet i gödseln ökade som förväntat i o m rötning av gödsel från nöt och gris. Ökningen var större för grisgödseln (från 78 till 95 %) än för nöt (från 54 till 67 % för konventionell nötgödsel respektive 49 till 61 % för ekologisk). Halten total- och ammoniumkväve var högst i biogödseln baserad på klöver/gräs. Biogödseln injicerades i marken inför sådd av vårkorn och havre och kvävegivan motsvarade 80 kg totalkväve. Att röta konventionell nötgödsel tenderade att öka dess kvävevärde till kornet med 7-11 kg N/ha för en giva på 20 ton, men skillnaden var inte signifikant jämfört med icke rötad nötgödsel. Att tillföra rötad grisgödsel medförde inte heller en ökning av kväveeffekten till kornet jämfört med örötad grisflytgödsel. Detta kan bero på att grisflytgödseln redan innan rötning hade en låg halt torrsubstans (TS) och kväveeffekten i grödan var generellt hög. Bandspridning av de rötade växtresterna till höstvetete gav lägre kväveeffekt än från rötad stallgödsel och detta beror troligen på en högre halt TS i biogödseln som var baserad på växtrester, vilket medförde att biogödseln inte trängde ner i marken lika bra och därför orsakade högre spridningsförluster. Kväveeffekten från ekologisk nötgödsel till höstvetete ökade däremot signifikant efter rötning. (Landsforsøgene, 2010; Sørensen, Mejnertsen och Møller, 2011).

4.2.3 Norska försök i vårsäd

I fältförsök 2008- 2010 undersöktes skördeeffekten av biogödsel från tre biogasanläggningar i Norge. Biogasanläggningarna i Norge rötar främst matavfall och biogödseln hade ett lågt innehåll av fosfor. Näringsammansättningen på biogödseln kan beskrivas som NPK 14-1-5 och 18-1-9. Näringsvärdet i biogödseln testades i en vårspannmålsodling som hade grundgödsel med fosfor. Biogödseln spreds med antingen myllningsaggregat eller släpplangsteknik med efterföljande nedbrukning. Kväveeffekten från biogödselns totalkväve varierade mellan 76 och 101 % jämfört med mineralkväve. I försöken uppmättes ingen signifikant skillnad beroende på om biogödseln hade myllats eller spridits på ytan och brukats ner efter några timmar (Øgaard, Kristoffersen och Haraldsen, 2011).

Tabell 2 Sammanfattning av nordiska försök med biogödsel till grödor med kort vegetationsperiod

VAD JÄMFÖRS?	EFFEKT JÄMFÖRT MED STALLGÖDSEL	EFFEKT JÄMFÖRT MED MINERALGÖDSEL	FÖRSÖK
Tot-N	-	72-105 %	Jönköping, 1999-2004. Rötat matavfall (Baky m fl 2006)
Tot-N	Ej sign	Signifikant lägre	Västerås, 4-årigt försök. Jmf kompost, gödsel, slam mm (Odlare, 2008)
Tot-N	-	76-101 %	Norge, 2008-2010. Rötat matavfall (Øgaard, Kristoffersen och Haraldsen, 2011)
NH ₄ -N	Ej sign	Tendens till högre skörd, ej sign	Danmark, 2002-2003, jmf rötad & örötad grisgödsel (Hansen, Birkmose och Skaaning 2004)
NH ₄ -N	-	100 %	Danmark, rötad & örötad gödsel samt gödselblandning (Sørensen och Birkmose, 2002).
NH ₄ -N	109-118%		Danmark, 2011 Konv & eko nötg.(Sørensen, Mejnertsen och Møller 2011)
NH ₄ -N	Ej sign	100 %	Halland, 1993-2000 (Ekre, opubl)

4.3 Biogödsel till grödor med lång vegetationsperiod

Gruppen grödor med lång vegetationsperiod utgörs av fleråriga grödor (vall), höstsådda grödor (t.ex. höstvetete och höstraps) och grödor som skördas sent på hösten (t.ex. sockerbetor). I försöken har biogödseln spridits i samband med sådd (sockerbetor) eller i växande gröda (höstvetete, vall).

4.3.1 Svenska försök

Christensson och Blohmé (2002) sammanställde ett växtföljdsförsök i Skåne där biogödsel användes under två år av fem. När biogödsel tillfördes sockerbetor ökade skörden med mellan 12 och 44 % jämfört med om fältet endast gödslades med mineralgödsel. Förklaringen till den ökade skörden kan vara att en del av det organiskt bundna kvävet hann mineraliseras under den långa vegetationsperioden. Vidare kan biogödselns höga pH samt innehåll av spårämnen ha gynnat sockerbetorna.

I Halland jämfördes kväveeffekten av biogödsel, grisflytgödsel och mineralgödsel till höstvetete under perioden 1993-2000 (Ekre, opubl). Alla behandlingar fick lika mycket ammoniumkväve. Den organiska gödseln spreds med släpslang på våren/försommaren i växande gröda. Inga skillnader i kväveeffekt uppmättes mellan de olika leden.

I Skåne bedömdes kväveeffekten från olika organiska gödselmedel till höstvetete. I försöket jämfördes kväveeffekten från biogödsel, drank, svinflytgödsel och mineralgödsel. Gödseln spreds tidig på våren med en släpslangspredare i växande höstvetete. Biogödseln hade ett högt innehåll av ammoniumkväve (4,8 kg/ton) och pH var 7,6. I försöket hade spridning av biogödsel en kväveeffekt motsvarande 86 % av dess innehåll av ammoniumkväve, medan grisflytgödseln hade en kväveeffekt motsvarande

104 %. Den högre kväveeffekten från grisgödseln förklaras med att det organiska kvävet i grisflytgödseln hann mineraliseras och komma grödan till godo under säsongen (Hammarstedt, 2010).

Abubaker m fl (2011) undersökte i ett krukförsök hur odling av vårvetete påverkades av olika biogödsel jämfört med grisflytgödsel och mineralgödsel. Alla led gavs lika mycket lättillgängligt ammoniumkväve vilket medförde att mängden tillfört totalkväve, fosfor, kalium, magnesium och zink var störst i ledet med grisflytgödsel. Gödsling med biogödsel resulterade i lika stor kärnskörd som vid gödsling med mineralgödsel, men gödsling med grisflytgödsel resulterade i signifikant högre skörd än vid gödsling med biogödsel. Detta berodde sannolikt på att kväve mineraliseringen i ledet som fått grisflytgödsel var betydligt större än i övriga led. Försöken visade också att det var stora skillnader i gödslingseffekt mellan olika biogödsel.

4.3.2 Danska försök

År 2010 genomfördes ett försök där de jämförde kväveeffekten från olika organiska gödsel till bl a höstvetete. En utförligare försöksbeskrivning finns under rubriken "Danska försök i vårsäd". Gödseln spreds med släpslangsteknik i växande gröda på våren. Kväveeffekten från ekologisk nötgödsel till höstvetete ökade signifikant efter rötning, medan den var likartad för konventionell nötgödsel. Att kväveeffekten från ekologisk nötgödsel blev högre i och med rötning kan bero på att rötningen medförde att halten TS i gödseln sjönk med 2,3 procentenheter. För den konventionella nötgödseln var skillnaden i TS för rötad och inte rötad gödsel inte lika stor, endast 1,6 procentenheter. Kväveeffekten från rötad grisgödsel tenderade att vara högre för icke rötad grisflytgödsel men skillnaden var inte signifikant.

Släpslangsspridning av de rötade växtresterna till höstvetete gav lägre kväveeffekt än från rötad flytgödsel och detta beror troligen på en högre halt TS i biogödseln som var baserad på växter, vilket orsakade högre spridningsförluster. (Landsforsøgene, 2010; Sørensen, Mejnertsen och Møller, 2011).

4.3.3 Finska försök

I Finland undersöktes under två år effekten av tillförseln av biogödsel på vallens återväxt, d v s till andra skörden. Ena året drabbades dock av torra. Första skörden gödslades med mineralgödsel och till andra skörden spreds gödseln med släpplangsteknik eller myllningsaggregat. Rötning medförde att andelen ammoniumkväve av totalkväve ökade jämfört med den orötade gödseln. Vid spridning av rötad gödsel ökade skörden (mängden TS) samt halten protein (g/kg TS) signifikant. Användning av rötad gödsel ökade kväveeffektiviteten signifikant jämfört med orötad gödsel. Störst kväveeffektivitet uppmättes i ledet där rötad gödsel myllades. I detta led var kväveeffekten från biogödselns innehåll av ammoniumkväve minst lika hög som vid användning av mineralgödsel (Kapuinen, Perälä och Regina 2007).

Tabell 3 Sammanfattning av nordiska försök med biogödsel till grödor med lång vegetationsperiod

VAD JÄMFÖRS?	EFFEKT JÄMFÖRT MED STALLGÖDSEL	EFFEKT JÄMFÖRT MED MINERALGÖDSEL	FÖRSÖK
Höstvete			
NH ₄ -N		86 %	Skåne (Hammarstedt, 2010)
NH ₄ -N	-	100 % eller något mer	Skåne (Christensson och Blohmé 2002)
NH ₄ -N	100 %	-	Grisg. Halland, 1993-2000 (Ekre, opubl)
NH ₄ -N	100-163 %		Konv & ekonötg., Danmark (Sørensen, Mejnertsen och Møller 2011)
NH ₄ -N	116 % (ej signf)		Bandsp grisg. Danmark, (Sørensen, Mejnertsen och Møller 2011)
Sockerbetor			
NH ₄ -N	-	122-144 %	Skåne (Christensson och Blohmé 2002)
Vall			
NH ₄ -N	Signf. högre kväveeffektivitet	86 %, ej sign (mylln) 80 % (släppl)	Nötg, Finland (Kapuinen, Perälä och Regina 2007)

4.4 Biogödsel till hortikulturella grödor

Ett flerårigt svenskt försök undersökte effekten av biogödsel baserad på grüngödslingsgröda till rödbetor. Försöket genomfördes på en lätt sandjord i Halland. Mängden kväve som tillfördes grödan var beräknad utifrån näringsinnehåll i biogödseln samt leverans från marken beroende på förfrukt. Fyra kvävenivåer undersöktes. Forskarna fann att det ibland inte var kväve som begränsade rödbetornas tillväxt utan snarare andra näringsämnen, som låga halter av kalium. På lätta jordar där det är låga halter kalium i marken kan det därför behövas extra tillförsel av kalium för att få full effekt av biogödselns kväveinnehåll (Gunnarsson och Asp, 2013).

4.5 Biogödsel till energigrödor

I ett svenskt odlingssystemförsök tillfördes olika energigrödor biogödsel, biogödsel kompletterad med mineralgödsel eller ren mineralgödsel. Ledet med mineralgödsel fick en standardgiva på 140 kg kväve, 22 kg fosfor och 50 kg kalium per hektar. Givan med biogödsel innehöll 88 kg ammoniumkväve, 22 kg fosfor och 40 kg kalium per hektar och det tredje ledet grundgödslades med biogödsel och kompletterades med 50 kg kväve och 10 kg kalium för att nå upp till samma näringstillförsel som mineralgödselledet. De grödor som ingick i försöket var hampa, betor, rågvete, vall och höstvete. Fältförsöket utfördes under 2-4 år på försöksgården Lönnstorp, utanför Lund, där marken i grunden är mycket bördig. I försöket var det inte någon signifikant skillnad i skörd mellan leden som fick biogödsel, biogödsel kompletterad

med mineralgödsel eller ren mineralgödsel. Försöket visade att på jordar som denna räckte det med den näring som fanns i biogödseln för att få full skörd. Forskarna har även analyserat energiinsatsen för odlingen. De fann att produktionen av mineralgödsel svarar för en mycket stor del av energiinsatsen för odlingen. Genom att ersätta mineralgödsel med biogödsel minskade den totala energiinsatsen i odlingen med i genomsnitt 34 % (Björnsson, 2012).

4.6 Biogödsel inom ekologisk produktion

Gunnarsson (2004) undersökte om det var möjligt att öka näringseffektiviteten i en ekologisk odling genom att röta vall och betblast och återföra biogödseln till fältet när grödan behövde näringen istället för att lämna materialet kvar i fält som en grüngödslingsgröda. Gunnarsson visade att genom att samla upp och röta växtmaterial från ett hektar grüngödslingsvall och ett hektar betblast ökade näringstillgången till följande gröda med 105 kg N när blandvallen skördades tre gånger per år respektive 59 kg när den skördades två gånger. Det var således betydligt mer näringseffektivt att samla upp och röta färskt grödmateriel och sedan återföra det som biogödsel, jämfört med att låta det ligga kvar i fältet som förfrukt.

4.6.1 Ekologisk spannmål och sockerbetor

I ett norskt försök har forskarna studerat kväveupptaget i vårkorn som fått näring antingen via nedbrukning av grüngödslingsgröda säsongen före odlingen, eller som biogödsel baserad på samma mängd grönmassa. I försöket ökade kväveutnyttjandet från grüngödslingsvallen från 7 till 16 % då grönmassan rötades och tillfördes nästa års gröda, istället för att brukas ner säsongen innan. Tillförseln av biogödseln bidrog dessutom till förbättrad aggregatstabilitet i jorden (Frøseth m fl, 2014). Gissén och Svensson (2007) har också jämfört hur skördemängden och grödkvalitet påverkades av om grüngödslingsmaterial samlades upp och rötades i jämförelse med om materialet brukades ner direkt. Studien genomfördes som ett fem-årigt fältförsök. I försöket blev skörden av både höst- och vårvete i genomsnitt 18-22 % högre när grödan tillfördes biogödsel jämfört med direkt nedbrukning av grüngödslingsgrödor eller skörderester. Proteinhalten i kärnan var högre i leden som fått biogödsel, i genomsnitt 1,7 procentenheter högre för vårvetet respektive 1,1 procentenheter högre för höstvetet. Skörden av sockerbetor (och socker) var i genomsnitt ca 11 % högre i ledet som fick biogödsel jämfört med grüngödsling .

Vid odling av vårvete är det viktigt att uppnå minst 12 % proteinhalt eftersom skörden då klassas som kvarnvete vilket ger betydligt bättre betalt än om grödan klassas som fodervete. I ett försök i södra Sverige undersöktes effekten av olika organiska gödselmedel till vårvete. De gödselmedel som undersöktes var hönsgödsel, Biofer 10-3-1 (pelleterat köttmjöl) samt biogödsel från en gårdsbaserad biogasanläggning där det rötades hönsgödsel och bageriavfall. Alla led, utom kontrolledet, fick antingen 50 eller 100 kg totalkväve. Inga gödselmedel räckte till för att ge vårvetet tillräckligt hög proteinhalt vid en giva på 50 kg totalkväve. I leden som fått 100 kg totalkväve var proteinhalten över 12 % för alla gödselslag. Ledet som fick biogödsel gav högst kärnskörd och därmed bäst totalekonomi. Den högre skörden i ledet med biogödsel förklarades med att biogödseln innehöll 60 % ammoniumkväve vilket var snabbt tillgängligt för grödan att ta upp för att bygga upp skörd. De andra gödselmedlens kväve var huvudsakligen organiskt bundet och blev troligtvis tillgängligt för grödan lagom till att proteinet skulle lagras in i kärnan (Nätterlund och Wivstad, 2009).

4.6.2 Ekologiskt vallfrö

Wallenhammar, Käck och Stoltz (2011) har genomfört ekologiska vallfröförsök där effekten av olika organiska gödselmedel undersöktes till timotej. De gödselmedel som jämfördes var vinass, biofer (10-3-1), nötflytgödsel och biogödsel baserad på matavfall. Skörden av timotejfrö blev högst vid höga givor av biogödsel och nötflytgödsel, men skörden skiljde sig inte signifikant från de övriga gödselslagen.

5 BIOGÖDSELNS EFFEKT PÅ MARKEN

5.1 Näringsämnen

Abubaker (2011) genomförde ett krukförsök där vårvete gödslades med biogödsel från olika biogasanläggningar, grisflytgödsel respektive mineralgödsel. Alla led tillfördes en kvävegiva som motsvarade 140 kg ammoniumkväve per hektar. Detta medförde att tillförseln av flera andra näringsämnen (organiskt bundet kväve och fosfor) samt metaller (magnesium, kalcium, mangan, nickel, koppar och zink) varierade mellan leden. Alla led drabbades av näringsbrist. Näringsbristen uppträdde tidigare och kraftigare i led som gödslats med mineralgödsel jämfört med de som fått biogödsel.

5.1.1 Tillgänglighet av fosfor i biogödsel

Fosfors växttillgänglighet i mark kan påverkas av mikroorganismernas aktivitet. Flera studier har visat att det är en lägre mikrobiell aktivitet i marken efter spridning av biogödsel jämfört med icke rötad gödsel. En tysk forskargrupp har därför studerat om fosfors växttillgänglighet påverkades av om gödseln var rötad eller inte. Studien pågick under tre år och genomfördes som ett fältförsök. Analyserna visade att grödan hade samma tillgång till fosfor, oavsett om den tillfördes som rötad eller inte rötad gödsel (Bachmann, Gropp och Eichker-Löbermann, 2014).

Ett svenskt försök har jämfört fosforeffekten från 15 potentiella gödselmedel. Försöket genomfördes som ett krukförsök där engelskt rajgräs odlades. Gräset klipptes efter fem respektive 11 veckor och analyserades på dess fosforupptag. Försöket visade att produkter med lågt innehåll av organiskt material, som exempelvis askor och biogödsel, hade snabbast fosforeffekt. Effekten jämnades dock ut med tiden (Delin, Nyberg och Sarajodin, 2014).

Ett tyskt projekt har undersökt om fosfors löslighet i vatten samt dess växttillgänglighet ökade genom rötning. Den analyserade biogödseln kom från en kommersiell biogasanläggning och baserades på majs (56 %), slaktkycklinggödsel (29,5 %) och sockerbetor (13,6 %). Prover togs från orötade substrat, röt-kammaren, efterröt-kammaren samt biogödsellagret. Halten vattenlöslig och växttillgänglig fosfor ökade genom rötning och var högst i biogödseln från lagerbehållaren. Rötning gör fosfor mer tillgänglig för en gröda men ökar också risken för fosforutlakning (Lehmann m fl, 2015).

5.2 Markstruktur

En tysk forskargrupp har undersökt om tillförsel av biogödsel påverkar risken för att markstrukturen försämras genom ökad risk för ex slamning och skorpbildning. Bakgrunden är att biogödsel kan bl. a. innehålla salter som natrium, vilka kan ha negativ effekt på markstrukturen på lerjordar. I ett försök tillfördes marken motsvarande 30 ton biogödsel per hektar till två olika jordarter: lerig brunjord samt en sandig podsol. Försöket visade att tillförsel av biogödsel kunde både förbättra markstrukturen genom förbättrad aggregatbildning, men tillförseln kunde även öka risken för slamning. Risken för slamning var störst för den leriga brunjorden när den tillfördes en biogödsel med högt innehåll av natrium (Volkener, Holtehusen och Horn, 2015).

5.3 Mikroorganismer

I ett laboratorieförsök jämförde Jönsson (2011) effekten av biogödsel samt svinflytgödsel vid samma ammoniumkvävegiva på mikroorganismernas aktivitet (respiration). I försöket uppmättes en högre respiration i ledet som fått svinflytgödsel jämfört med biogödsel. Den främsta förklaringen till detta var att svinflytgödseln innehöll mer lättomsättbart kol än biogödseln. Försöket visade också att valet av substrat i biogasanläggningen samt den individuella rötprocessen påverkade omsättningen av biogödseln i marken. Som exempel visades att två biogödsel baserade på slakteri- och matavfall från hushåll som trots sin likhet i substraten, ändå hade skilda mönster för hur det organiska materialet bröts ner. Detta tror författaren beror på att matavfall från hushåll är ett mycket heterogent substrat och att det inte är säkert att biogasanläggningarna hade samma "recept" på substraten in i röt-kammaren eller samma utrotningsgrad.

I samma studie (Jönsson, 2011) undersöktes effekten av biogödsel och svinflytgödsel på mikroorganismernas potentiella denitrifikation, d v s hur effektivt nitratkväve omvandlas till kvävgas. Försöken visade att stora tillsatser av biogödsel, men inte av grisflytgödsel, hämmade denitrifikationen. Förklaringen till detta är inte klarlagd.

Abubaker m fl (2014) har studerat hur tillförseln av olika givor av fyra sorters biogödsel eller grisflytgödsel påverkar mikroorganismer i marken. Studien genomfördes i flaskor som delvis fylldes med lerjord och fuktades till 60 % av dess vattenhållande förmåga. Jorden tillfördes därefter biogödsel respektive grisflytgödsel i givor som motsvarade 17,5, 35, 70, 140, 280, 560 respektive 1020 kilo ammoniumkväve per hektar. Givans totalkväve var olika mellan leden. Försöket visade att mikroorganismerna kortsiktigt stimulerades och hade högre aktivitet efter tillförsel av grisflytgödsel jämfört med biogödsel. Detta förklarades med att tillförseln av kol var betydligt större när jorden tillfördes grisflytgödsel jämfört med biogödsel. Tillförsel av biogödsel resulterade i mindre lustgasavgång jämfört med grisflytgödsel. En möjlig förklaring kan vara att mängden totalkväve var mindre i leden med biogödsel samtidigt som mängden lättillgängligt kol var högre i leden med grisflytgödsel.

Odlare m fl (2011) undersökte i ett långliggande fältförsök hur gödsling med olika gödselmedel (hushållskompost, biogödsel, rötat avloppsslam, grisflytgödsel, nötfastgödsel och mineralgödsel) påverkade mikroorganismerna i marken. Efter åtta års upprepad behandling fann hon att tillsatsen av biogödsel och kompost ökade den mikrobiella biomassan (mätt som substratinducerad respiration) och den potentiella ammoniumoxidationen samt kvävemineraliseringen i marken jämfört med ogödslade led. Generellt sett uppmättes inga negativa effekter på mikroorganismerna då något av gödselmedlen tillfördes. Inte heller verkade de olika behandlingarna medföra att den genetiska sammansättningen bland mikroorganismerna förändrades.

I ett danskt laboratorieförsök undersöktes hur tillförseln av olika organiska gödselmedel påverkade sammansättningen av mikroorganismer i marken. De gödselmedel som jämfördes var biogödsel från gödsel/majs respektive gödsel/klöver-gräs samt färskt grön gödslingsmaterial i form av klöver-gräs. Forskarna fann att tillsatsen av rötat material inte verkade hämma mikroorganismernas diversitet. Mikroorganismernas aktivitet var dock betydligt högre under de första dagarna i ledet som tillfördes grön gödslingsmaterial. Efter nio dagar var dock aktiviteten snarlik och forskarna drar slutsatsen att biogödsel inte verkar hämma mikroorganismernas aktivitet (Johansen, 2011).

5.4 Kol

Genom rötning av grödor och gödsel bevaras alla mineraler i biogödseln medan mängden kol minskar. Genom att tillföra marken rötad gödsel minskar således tillförseln av kol till marken. En dansk forskargrupp har undersökt hur olika behandlingar av en foderblandning påverkade mängden kol som långsiktigt lagrades in i marken. Foderblandningen bestod av majsensilage, rapskaka, lusern och mineraler. Första ledet tillfördes obehandlat foder (spridning och nedbrukning av foderblandningen), rötat foder (foderblandning rötades 45 dagar i en biogasanläggning), foder konsumerat av nötkreatur (gödsel) och foder konsumerat av nötkreatur samt rötat i en biogasanläggning (48 dagars uppehållstid). Materialet tillfördes jordfyllda cylindrar och dessa förvarades under ca 8 månader i 20°C. Under förvaringstiden mättes avgången av koldioxid. Tillförseln av färskt foder till marken resulterade i snabb och stor avgång av koldioxid. Avgången av koldioxid från marken var ungefär lika stor och snabb för rötat foder som från gödsel medan den var lägst för rötad gödsel. Modellberäkningar visade att mängden kol som beräknas vara kvar efter 1-2 år var 14, 58, 48 respektive 76 % för obehandlat foder, rötat foder, gödsel respektive rötad gödsel. Kolet i den rötade gödseln var således betydligt mer stabilt än det i övriga led (Thomsen m fl. 2013).

Odlare (2007) har studerat olika gödselmedels effekt på bl a markens kolförråd. Hon fann att markens innehåll av kol ökade då den gödslats med samma mängd totalkväve i form av biogödsel, nötgödsel (kompletterad med mineralgödsel) eller kompost. Däremot kunde de inte mäta en ökad kolhalt efter tillförsel av svinflytgödsel, slam kompletterat med mineralgödsel eller ren mineralgödsel.

5.5 Önskade ämnen

5.5.1 Tungmetaller

I Sverige arbetas det sedan länge med att minska tillförseln av kadmium till åkermark. Det nationella gränsvärdet för kadmiumtillförseln via mineralgödsel är idag 100 mg Cd/kg P, men branschen (Svensk Sigill) har satt gränsen till 12 mg Cd/kg P för NP-produkter respektive 30 mg Cd/kg P (P- och PK-produkter). Odlare som är anslutna till Svensk Sigill får använda biogödsel som är certifierat enligt SPCR 120 förutsatt att de gör en kadmiumbalans över gården, för att undvika anrikning av kadmium i åkermarken. Hur mycket kadmium en gröda tar upp beror på markens innehåll och egenskaper, vilken gröda det är samt vilken sort som odlas (Ericsson, 2009).

I en norsk studie undersöktes biogödseln från tre biogasanläggningar vad gäller biogödselns innehåll av tungmetaller, patogener, organiska föreningar och bekämpningsmedel. Biogödseln härstammade från källsorterat matavfall från hushåll och avfall från livsmedelsindustrin. Biogödseln separerades med en centrifug vilket resulterade i en fast och en våt fraktion. Båda fraktionerna innehöll samtliga metaller som studerades, men halterna skiljde sig något mellan fraktionerna. Innehållet av kadmium och zink var högst i den våta fraktionen medan den fasta fraktionen innehöll mest nickel, krom och bly. Koncentrationen av koppar och kvicksilver var lika hög i båda fraktionerna. Generellt sett var halterna låga men de varierade kraftigt under året. Halterna av nickel, krom, bly och kvicksilver var så låga att det inte fanns någon mängdbegränsning vad gäller tillförsel av biogödseln till åkermark enligt de norska jordbruksreglerna. Halten kadmium varierade mellan 0,21 och 0,56 mg Cd/kg TS, vilket motsvarade 18 och 49 mg Cd/kg P. (Øgaard, Kristoffersen och Haraldsen, 2011). Halten koppar i biogödseln var låg (i snitt 53 mg Cu/kg TS) alla månader utom en (71 mg Cu/kg TS). Halten zink var något högre (132-422 mg Zn/kg TS) vilket medförde begränsningar av tillförseln enligt de Norska jordbruksreglerna (Govasmark m fl, 2012).

Odlare (2007) har i tidigare beskrivet försök analyserat olika organiska gödselmedels innehåll av tungmetaller och hur dessa har påverkat marken och grödan. Hon fann att tillförseln av tungmetaller till åkern genom biogödseln var mycket lågt. Gödsling med biogödsel resulterade i en kadmiumtillförsel till åkermarken på 0,1-0,2 g Cd/hektar och år. Halten kadmium var högre i övriga gödselmedel i försöket (kompost, slam, grisflytgödsel och nötfastgödsel) bortsett från i mineralgödseln. Tillförseln av kadmium var högst vid tillförsel av kompost (2 g Cd/ha och år) och lägst vid gödsling med mineralgödsel, då 0,04 g Cd/hektar och år spreds.

Upptaget av koppar i spannmålskärna var högst vid tillförsel av mineralgödsel, slam och grisflytgödsel, men skillnaden var inte signifikant jämfört med led som fått biogödsel eller nötfastgödsel. Upptaget av nickel i spannmålskärnan var också högst vid gödsling med mineralgödsel. Skillnaden var signifikant jämfört med vid gödsling med biogödsel, grisflytgödsel och kompost (Odlare, 2007).

Ett tysk försök har undersökt halten av tungmetaller i fem kommersiella biogödsel. Halten tungmetaller av samtliga undersökta tungmetaller (arsenik, bly, krom, kadmium, nickel och titan) var långt under de tyska gränsvärdena och risken för ackumulering av tungmetaller i marken bedömdes därför som liten (Lehmann m fl, 2015).

5.5.2 Bekämpningsmedel

Halten bekämpningsmedel i biogödsel undersöktes i en norsk studie (tidigare beskriven under "Tungmetaller"). Biogödseln analyserades på 250 bekämpningsmedel varav 11 kunde återfinnas, en insekticid och tio fungicider. Imazalil och thiabendazole var de enda preparat som upptäcktes flera gånger under året. Halterna ökade under perioden januari till maj och var då 16 gånger högre jämfört med perioden juni till december. Forskarna förklarar detta med att norrmännen har en högre konsumtion av citrusfrukter perioden januari till maj (Govasmark m fl, 2011).

5.5.3 Organiska föroreningar

I den tidigare nämnda norska studien undersöktes en centrifugerad biogödsels innehåll av organiska föroreningar som DEHP (ftalater), PAH (polycykliska aromatiska kolväten) och PCB (polyklorerade bifenyler). Innehållet av de organiska föroreningarna varierade med en faktor 10 under året. Halten DEHP ökade under sommarperioden från 13,4 mg/kg TS i maj till 44,9 mg/kg TS i september. Två gånger överstegs de danska gränsvärdena för DEHP för kompost (50 mg/kg TS) men EU:s gränsvärde för slam på 100 mg DEHP/kg TS överstegs aldrig (Govasmark, m fl 2011).

Halterna av PAH var i snitt 0,95 och 0,69 mg/kg TS i den fasta respektive våta fraktionen. Halterna översteg aldrig 3 mg/kg vilket är det danska gränsvärdet för PAH i kompost. Biogödselns innehåll av PCB var i snitt 7,50 µg/kg TS i den fasta fraktionen och 3,57 µg/kg TS i den våta. Innehållet av PCB var som högst ungefär 1 % av den nivå som är tillåten i slam eller kompost som ska spridas på åkermark (Govasmark, m fl 2011).

5.5.4 Antibiotika

I ett tyskt projekt undersöktes förekomsten av antibiotika i biogödsel. Fem olika biogödsel undersöktes och dessa var baserade på bl a gödsel från slaktkyckling eller kalkon. Inom dessa produktionsgrenar används regelbundet antibiotika i Tyskland. Flera olika antibiotika (tetracycliner, fluorquinoloner och sulfonamider) bryts inte ner fullständigt under anaeroba förhållanden och riskerar därför att tillföras till marken, vilket kan påverka markfloran och bidra till att resistens mot antibiotika utvecklas. I försöket analyserades substrat och rötresten från sex stycken biogasanläggningar vad gäller deras innehåll av antibiotika av klasserna tetracyclin, fluoroquinolon och sulfonamider. I fem av sex biogödselprover kunde forskarna hitta antibiotika. I en biogödsel upptäcktes fem olika sorters antibiotika i samma prov. Den biogödseln var bl a baserad på gödsel från kalkoner (Lehmann m fl, 2015). I Sverige är det inte tillåtet att använda antibiotika i samma omfattning som i Tyskland och risken för att hitta antibiotika i biogödseln antas vara liten.

5.5.5 Smittor

Genom att röta gödsel kan dess innehåll av smittor minska. Detta kan vara en stor fördel inte minst för ekologiska producenter där behandlingar av djur inte får ske förebyggande. I ett danskt försök undersöktes effekten av mesofil och termofil rötning på grisens spolmask (*Ascaris suum*) då denna är en bra indikator för flera parasiters överlevnad. Ägg från spolmask tillsattes i nöt- eller grisgödsel, och rötades sedan på laboratorium vid 37°C respektive 50°C. Vid den termofila behandlingen (50°C) dog äggen inom några få timmar. Vid den mesofila rötningen (37°C) tog det 10 dagar innan alla ägg var oskadliggjorda (Johansen m fl. 2010).

5.5.6 Ogräs

Effekten av mesofil respektive termofil rötning på grobarheten på frö från olika problemogräs har undersökts i Danmark. De ogräs som undersöktes var raps, flyghavre, åkersenap, åkerbinda, gullört, svinmålla och kanadensiskt gullris. Fröna stoppades i nätpåsar och tillfördes därefter en röttningsprocess på laboratorium. Efter rötning i 50°C dog samtliga fröer. Vid mesofil rötning överlevde några fröer i upp till sju dagar, men dog vid en längre uppehållstid. De mest seglivade ogräsen var åkerbinda och svinmålla. Dessa hade en grobarhet på 2 respektive 28 % efter 7 dagars mesofil rötning (Johansen m fl. 2010).

6 FÖRLUSTER AV KVÄVE

6.1 Kväveförluster vid lagring

Ett danskt försök undersökte betydelsen av att lagra stallgödsel, biogödsel och separerad gödsel under täckning. Lagringsbehållarna rymde 30 ton och täckningsmaterialet bestod av ett 15 cm tjockt lager med lecakulor. När de olika gödselslagen lagrades utan täckning ökade lagringsförlusterna av ammoniak markant jämfört med när gödseln var täckt. För biogödseln ökade ammoniakavgången från 0,9 till 4,4 % per månad av totalkvävet i biogödseln, att jämföra med förlusterna från grisflytgödsel där förlusterna ökade från 0,8 till 2,5 % av totalkvävet per månad. Biogödselns högre lagringsförluster berodde troligtvis på dess högre pH (Hansen, Birkmose och Skaaning, 2004).

6.2 Kväveförluster vid spridning

Vid spridning av organiska gödselmedel finns risk för förluster av ammoniak. I ett danskt försök mättes 2002 och 2003 spridningsförlusterna från behandlad gödsel som spreds på våren med släpslangspredare inför sådd av vårkorn. De behandlingar som jämfördes var obehandlad griseödsel, rötad griseödsel, separerad griseödsel och separerad biogödsel (baserad på främst griseödsel). Spridningsförlusterna var störst från obehandlad gödsel och ammoniakavgången från biogödseln var 83 respektive 73 % jämfört med den obehandlade gödseln (Hansen, Birkmose och Skaaning, 2004).

Delin och Engström (2015) har undersökt om det blir en högre kväveeffekt från organiska gödselmedel som brukas ned eller om de läggs på markytan vid spridning i växande höstvetete på våren. Flera organiska gödselmedel undersöktes, däribland biogödsel. Försöken visade att det inte blev signifikant högre kväveeffekt av att mylla biogödseln till höstvetetet på våren. Ibland blev det till och med lägre skörd när biogödseln myllades jämfört när den spreds med släpslangsteknik. Forskarna förklarar det med att myllningen kan ha orsakat skador på grödan. På jordar där det finns risk för skorpbildning rekommenderar forskarna dock att biogödseln ska brukas ned.

6.3 Kväveförluster från biogödsel genom utlakning

I ett danskt fältförsök undersöktes kväveutlakningen med lysimetrar under vintern 2001-2002 från fält som tillförts samma mängd ammoniumkväve i form av örötad nötgödsel, rötad gödselblandning (bestående av nöt- och griseödsel samt mag- och tarmavfall från slakterier) samt örötad gödselblandning. Kväveutlakningen var lägst från fältet som gödslats med mineralgödsel men det var ingen signifikant skillnad i utlakning mellan detta fält och det som fått rötad gödselblandning. Att röta gödselblandningen gav i försöket 17 % lägre kväveutlakning jämfört med att inte röta den. Kväveutlakningen från rötad gödselblandning var i försöket ca 8 % lägre än den från fältet som fått nötgödsel, men skillnaden var inte signifikant, se tabell 4 nedan (Sørensen och Birkmose, 2002).

Tabell 4 Jämförelse av kväveutlakning från fält som fått biogödsel, stallgödsel och mineralgödsel. Från Sørensen och Birkmose, 2002.

GÖDNING	TILLFÖRT KG TOT N/KG NH ₄ -N PER HA	KVÄVEUTLAKNING KG N/HA
Rötad gödselblandning (nöt- & grisgödsel + magtarmavfall)	146/100	82
Orötad gödselblandning	167/100	99
Nötgödsel	181/100	89
Mineralgödsel	100	74
LSD (95 %)		13

6.4 Lustgas från mark

I en tysk studie har en grupp forskare undersökt skillnaden i lustgasavgång från mark som tillförts biogödsel, nötflytgödsel respektive mineralgödsel. Försöken genomfördes i inkubationsflaskor som försågs med en kolfattig lerjord som fuktades till 90 % av dess vattenhållande kapacitet. Behållarna tillfördes därefter samma mängd ammoniumkväve i form av biogödsel, nötflytgödsel eller mineralgödsel. Mängden totalkväve varierade mellan leden. Biogödseln var baserad på matrester och vätska från slakterier och materialet hade rötats i en biogasanläggning med 53 dagars uppehållstid. Försöket mätte mängden lustgas (N₂O), koldioxid (CO₂) och kvävgas (N₂) som utvecklades i flaskorna. Gödsling med samtliga organiska gödselmedel ökade CO₂-avgången kraftigt. Den var dubbelt så hög för ledet med biogödsel och sex gånger så hög för ledet som fått nötflytgödsel jämfört med för mineralgödsel. Detta visar att nötflytgödseln hade betydligt mer tillgängligt kol än biogödseln. Beräkningar visade att 94 % av kolet i biogödseln och 43 % av kolet i nötflytgödseln bröts ner på 50 dagar i jorden. Den höga nedbrytningsgraden för biogödseln överraskade forskarna, men förklarades med att en biogödsel baserad på livsmedel innehåller relativt lättnedbrytbart kol i jämförelse med stallgödsel. En biogödsel baserad på livsmedelsavfall och slakteriavfall kan därför inte förväntas bygga upp mullhalten i jorden på samma sätt som en biogödsel baserad på stallgödsel. Gasmätningarna visade att lustgasavgången var klart högre från led som fått nötflytgödsel jämfört med biogödsel (Köster m fl, 2015).

En svensk studie har undersökt om det är någon skillnad i metan- och lustgasavgång från mark efter spridning av biogödsel eller filtreringsrester från biogödsel separerad med ett keramiskt ultrafiltreringssystem. Försöket genomfördes i flaskor på laboratorium. Flaskor med lerjord respektive mulljord (med en vattenhalt på 40 respektive 66 % av jordens vattenhållande kapacitet) tillfördes biogödsel respektive filtreringsrester på markytan i flaskorna. Samma mängd gödsel (70 g/kg TS jord) tillfördes flaskorna. Eftersom näringshalten skiljde sig mellan biogödseln och filtreringsresterna, tillfördes olika mängder näringsämnen till flaskorna. Flaskorna förvarades därefter vid 22°C och mätningar genomfördes vid två tillfällen: efter 24 timmar respektive 7 dygn. Mätningarna visade att det blev 6-23 gånger högre lustgasavgång från marken som tillförts filtreringsrester jämfört med icke separerad biogödsel på mulljorden respektive lerjorden. Den största skillnaden var dock i lustgasavgång mellan de olika jordarterna, där mulljorden resulterade i störst lustgasavgång. Studien inkluderade inte led med obehandlad gödsel eller mineralgödsel (Odlare, m fl 2012).

7 LUKT VID LAGRING OCH SPRIDNING

Ett problem vid hantering av gödsel är att den luktar. Genom att behandla gödseln kan detta problem minska. Lukten från lagring av grisgödsel som fått olika behandlingar har därför undersökts i ett försök. De behandlingar som jämfördes var obehandlad gödsel, separerad gödsel, biogödsel, eller separerad biogödsel (baserad på främst grisgödsel). Lukten från lagringen (som var täckt med lecakulor) mättes genom att spänna upp en presenning över en behållare och efter 20 minuter ta ut luftprover som graderades av en luktpanel. Proceduren upprepades efter att gödseln hade rörts om som inför spridning av gödseln. Lukten från lagringen av gödsel var generellt sett svag. Luktintensiteten från lagret med biogödsel upplevdes hälften så intensiv som från obehandlad gödsel.

Efter omrörning ökade luktintensiteten kraftigt för samtliga gödselbehandlingar, se tabell 5 nedan. Den rötade gödseln luktade kraftigast vilket kan bero på att biogödseln delvis bestod av rester från animaliskt fett.

Tabell 5 Koncentration av lukt (luktenheter per m³ luft) i luften över lager före och efter omrörning (från Hansen, Birkmose och Skaaning, 2004)

BEHANDLING	OBEHANDLAT	RÖTAD	RÖTAD & SEPARERAD
Före omrörning	200	100	100
Efter omrörning	3000	15 000	7 000

I samma försök som ovan undersöktes lukten vid spridning av gödseln i de olika leden. En behållare placerades i 20 minuter på spridd gödsel direkt vid spridning samt efter 240 minuter. Därefter togs det ut luftprover som analyserades av en luktpanel. Rötad eller rötad och separerad gödsel luktade mindre än obehandlad gödsel både direkt vid spridningen och efter 4 timmar. Samtliga gödselslag luktade mer efter fyra timmar och detta berodde sannolikt på att temperaturen i gödseln då hade ökat med ca fem grader i och med en högre lufttemperatur. Den rötade gödseln luktade mindre än hälften så mycket efter fyra timmar jämfört med obehandlad gödsel. Detta beror på att flera fettsyror med kraftig lukt bryts ner under rötningsprocessen (Hansen, Birkmose och Skaaning, 2004).

8 BEHANDLING AV BIOGÖDSEL

8.1 Surgörning av biogödsel

Tidigare forskning har visat att biogödselns höga pH riskerar att öka ammoniakförlusterna jämfört med när icke rötad flytgödsel sprids. Att surgöra gödsel eller biogödsel kan dock minska ammoniakförlusterna. En svensk grupp forskare har därför i ett storskaligt fältförsök provat att surgöra både biogödsel och nötflytgödsel för att mäta vilken effekt det kan ha på skörden. Försöket genomfördes på två gårdar i Västergötland. Gödseln spreds med och utan syratillsats och släpplangsteknik användes. För att surgöra gödseln användes svavelsyra och det gick åt 3 liter svavelsyra per ton gödsel för flytgödseln respektive 6-9 liter svavelsyra per ton biogödsel för att nå pH 6. Rötning av gödsel gav i tre av fyra fall högre skörd jämfört med orötad gödsel. Surgörning av flytgödsel respektive biogödsel resulterade alltid i högre skörd än i osyrad gödsel. Genom att både röta och syra flytgödsel ökade utnyttjandegraden av gödselns totalkväve från 30 till 70 %. Det går således att kraftigt öka utnyttjandegraden från stallgödselkväve genom att röta och surgöra den, men med dagens priser på mineralgödsel och syra är det dock inte lönsamt att tillsätta syra till gödseln (Gustafsson och Delin, 2014).

8.2 Produktion av pelleterad gödsel från biogödsel

Ett spanskt projekt har utvecklat en metod för att tillverka en pelleterad gödselprodukt baserad på biogödsel eller en blandning av biogödsel och mineralgödsel. I projektet har de utvecklat gödselmedel med ett näringsinnehåll som motsvarar NPK 9-2-2 (70 % från biogödsel) eller 12-12-12, baserad på 20 % biogödsel och resten mineralgödsel. Näringsammansättningen kan påverkas genom tillsatser av mineralgödsel. Pelletsen kan tillverkas i storlekarna 2-4 mm, 1-2 mm eller 0.5-1 mm (mikro-granuler). Livscykelanalyser visar att produktionen av dessa gödselmedel orsakar 50 % mindre klimatpåverkan än vanlig mineralgödsel (Lekuona, m fl. 2015).

Efter separering av biogödsel finns risk för stora förluster av ammoniak. Ett tyskt projekt har därför undersökt möjligheten att tillföra melass (från sockerindustrin) till den fasta fraktionen av en separerad biogödsel. Tanken var att pH skulle sjunka, och därmed minska risken för förluster av ammoniak och växthusgaser. I projektet undersöktes olika effekten från olika doser av melass samt i kombination med tillsatser som biokol, vätska från röttningsprocessen (inokulum) och lera. Projektet genomfördes först på laboratorium och sedan på en gård. Höga tillsatser av melass hade stark pH-sänkande effekt och reducerade ammoniakavgången effektivt men samtidigt ökade avgången av lustgas kraftigt. I ledet med en liten mängd melass i kombination med inokulum från en biogasanläggning minskade ammoniakförlusterna kraftigt, samtidigt som avgången av lustgas var liten. Fältförsöket fick liknande resultat med lägre ammoniakförluster efter tillsats av små mängder melass och inokulum. Effekten varade dock endast i fyra dagar, därefter ökade ammoniakförlusterna. (Pacholski, 2015).

9 FÖRSÄLJNING AV BIOGÖDSEL, FÖRSÄLJARENS PERSPEKTIV

Ett tyskt projekt har undersökt hur försäljning av biogödsel sker i Tyskland. Anledningen till att biogödseln säljs är att biogasanläggningarna har ett överskott av biogödsel. De produkter som saluförs är obehandlad biogödsel, separerad biogödsel i fast eller flytande fas, pelleterad, granulerad eller komposterad biogödsel. Den flytande fraktionen avsattes främst till lantbruket, medan den fasta kunde säljas till såväl lantbruk som trädgårdar. När den fasta fraktionen såldes till privatpersoner salufördes den i påsar, hinkar eller genom hemkörning. De tyska privatpersonerna var ofta negativa till biogödselns ursprung och försäljarna marknadsförde hellre produkten som riktad gödning, t ex rosgödsel. Marknadsföringen genomfördes främst genom internet med en hemsida. Ett nytt användningsområde för den separerade och torkade biogödseln var som strömedel till slaktkyckling. Den obehandlade biogödseln såldes för -15 till 6 euro per ton. Det vill säga i vissa fall fick biogödselproducenten betala för att bli av med biogödseln. När biogödseln såldes till lantbruket var priset i genomsnitt 60 % av näringens värde och på hösten var priset motsvarande 40 % av näringens värde. Separerad biogödsel som användes som strömedel såldes för 200 euro per ton. Privata trädgårdsodlare var villiga att betala upp till 9 euro per liter. Problemen för försäljarna av biogödsel var konkurrens från andra stallgödsel, avstånd till de potentiella kunderna och tidsbrist för försäljning. Vidare kunde det vara problem med legala osäkerheter. Forskarna föreslog att de mindre biogasanläggningarna skulle samarbeta kring avsättning av biogödseln med gemensam marknadsföring. Nya marknader som professionella hortikulturella odlare borde kontaktas. (Dahlin, Herbes och Nelles, 2015)

10 ANVÄNDNING AV BIOGÖDSEL, EN LANTBRUKARES PERSPEKTIV

Ett belgiskt projekt har undersökt vad det är som får lantbrukare att vilja köpa organiska gödselmedel. Projektet lät 173 lantbrukare, som använde mineralgödsel, fylla i en enkät över deras preferenser över gödselmedel. Resultatet visade att lantbrukarna föredrog att använda granulerade gödselmedel före fast- eller flytgödsel. De föredrog en koncentrerad produkt, speciellt vad gäller kväve. Gödselmedlet skulle gärna innehålla kol, vara hygieniserat och billigare än mineralgödsel. (Cardona m fl, 2015)

10.1 Kostnad för markpackning och spridning

Koncentration av främst ammoniumkväve och ibland även fosfor är ofta högre i biogödsel än i nöt- och svinflytgödsel. Detta innebär att en mindre volym biogödsel krävs för att fylla ett visst kväve- eller fosforbehov jämfört med om näringsbehovet skulle täckas med nöt- eller grisflytgödsel. Om en mindre volym organisk gödsel kan spridas innebär detta minskade kostnader för spridning och markpackning. I tabell 6 redovisas schablonvärden för innehåll av kväve, fosfor och kalium i nötflyt- och svinflytgödsel respektive biogödsel. Antar man att 22 kg fosfor ska spridas per hektar (högsta tillåtna mängd i Sverige) blir givan biogödsel ca 24 ton per hektar. För att sprida 22 kg fosfor i form av nötflyt- eller svinflytgödsel behövs det 37 respektive 27 ton per hektar. Att sprida biogödsel istället för nötflytgödsel medför således att 13 ton mindre gödsel per hektar behöver spridas. Med dessa mängder och analysvärden tillförs samma mängd fosfor och nästan lika mycket ammoniumkväve, men mängden kalium är dock lägre. Nivåerna är dock tillräckliga för odling av spannmål. Med 24 ton biogödsel tillförs endast ca 67 kg kalium vilket kan jämföras med ca 148 kg kalium i 37 ton nötflytgödsel. Till spannmål och oljeväxter är detta oftast inget större problem men majs och slättervall har däremot ett betydligt större kaliumbehov som är svårt att klara med biogödsel. Enligt Blackert (2009), är kostnaden för markpackning och spridning ca 25-30 kr per ton vid spridning på lättlera om fälten ligger nära gården, varav ca hälften är kostnaden för markpackning. Kan gödselgivan minskas med 13 ton per hektar minskar det kostnaden med ca 350 kr per hektar.

Tabell 6 Näringsinnehåll i typisk gödsel

GÖDSELSLAG	N TOT (KG/TON)	NH ₄ -N (KG/TON)	P (KG/TON)	K (KG/TON)
Nötflyt*	4,0	2,0	0,6	4,0
Grisflyt*	4,2	2,4	0,8	1,8
Biogödsel, baserat på både gödsel & livsmedelsavfall	5,1	2,8	0,9	2,8

*Gödselvärderna är en sammanställning av gödselanalyser förmedlade av HS Halland under 2010 & 2011.

Sammanfattningsvis kan det vara fördelaktigt för en växtodlingsgård att ersätta spridning av nötflytgödsel med biogödsel. Då samma mängd fosfor sprids tillförs marken också nästan lika mycket ammoniumkväve. Eftersom biogödseln har en högre näringskoncentration medför det att kostnaderna för spridning och markpackning minskar med ca 30 %.

11 DISKUSSION

Biogödselns kväveeffekt kan bedömas utifrån dess innehåll av ammoniumkväve, eller genom att se på dess kol/kväve-kvot i relation till dess innehåll av totalkväve. Analyser och växtodlingsförsök visar ofta på en god kväveeffekt från biogödsel. Att bevara biogödselns ofta goda näringsvärde kräver varsam och kostsam hantering, eftersom det höga pH-värdet ökar risken för kväveförluster. I praktiken upplevs inte alltid kväveeffekten i fält lika god och det kan bero på att biogödseln lagrats i behållare utan, eller med dålig, täckning vilket medfört stora kväveförluster. Vidare kan biogödseln ha späts ut med regnvatten under lagringstiden. Slutligen är det risk för kväveförluster vid spridningstillfället om inte biogödseln myllas i samband med eller direkt efter spridning.

Nya studier visar att även fosfor i biogödsel är snabbt tillgänglig för en gröda. Det kan vara en fördel om rotsystemet redan är utvecklat eller om grödan behöver lättillgänglig fosfor tidigt under sin utveckling. Samtidigt så ökar det risken för utlakning.

Två studier visar att lustgasavgången från mark blir lägre efter spridning av biogödsel jämfört efter spridning av samma mängd ammoniumkväve i form av flytgödsel från ko eller gris. Det kan bero på att tillförseln av totalkväve var högre i leden som tillfördes flytgödsel. I Sverige begränsas ofta stallgödselgivan av regelverket (22 kg fosfor per hektar) vilket innebär att givan stallgödsel och mängden totalkväve blir densamma oavsett den är rötad eller inte. Om lantbrukaren tillför ingen eller mindre mineralkväve till följd av att biogödselns högre halt av ammoniumkväve, bör risken för lustgas minska. Fler studier behövs för att undersöka detta.

Fördelen med att regelbundet använda biogödsel istället för mineralgödsel, är att biogödseln tillför marken kol och organiskt bundet kväve. Detta gynnar markens struktur och ökar dess kvävemineraliserande förmåga. Vidare innehåller biogödsel mikronäringsämnen, vilket minskar risken för näringsbrist hos grödan.

Flera undersökningar visar på en hög renhet i biogödseln med låga halter av tungmetaller och av andra oönskade ämnen. Det är viktigt att bevara den höga kvalitén för en säker avsättning och fortsatt förtroende hos lantbrukarna.

Biogödsel har ofta en högre näringstäthet än stallgödsel och detta kan medföra lägre kostnader för spridning och markpackning om samma mängd växtnäring ska tillföras jämfört med stallgödsel. Det finns dock en stor variation vad gäller näringsinnehåll i olika biogödsel och i framtiden kommer biogasanläggningarna troligtvis att lägga större fokus på att producera bra gödselmedel. Det är ett problem att biogödseln ofta har problem att etablera ett svämtäcke, eftersom lagen kräver att djurhållande lantbruk (i stora delar av Sverige) ska lagra biogödseln under täckning. För att följa lagen och inte förlora kvävet kan det krävas stora investeringar i fast- eller flytande tak, en investering som lantbrukarna sällan kan räkna hem.

Att förädla biogödseln genom separering och pelletering görs i bl a Tyskland. Utmaningen är att producera ett gödselmedel med högt näringsinnehåll utan att orsaka för stora förluster under processen. Ett alternativ är att producera en så näringsfattig pellets som möjligt och sälja den som strömedel.

REFERENSER

1. Abubaker, J., Risberg, K., Pell, M (2011). *Biogas residues as fertilizers - effects on wheat growth and soil microbial activities*. Applied Energy (accepterat manuskript).
2. Abubaker, J., m fl. (2014) *Short-Term Effects of Biogas Digestates and Pig Slurry application on Soil Microbial Activity*. Hindawi Publishing Corporation, Applied and Environmental Soil Science, Volume Article ID 658542, (15 sidor) <http://dx.doi.org/10.1155/2015/658542>
3. Alburquerque, C. m fl (2012) *Agricultural use of digestate for horticultural crop production and improvement of soil properties*. European Journal of Agronomy, 43, 119-128. Arthursson, V (2009).
4. Closing the global energy and nutrient cycles through application of biogas residues to agricultural land. *Energies* 2, 226-242.
5. Bachmann, S., Gropp, G., Eichler-Löbermann, B. (2014) *Phosphorous availability and soil microbial activity in a 3 year field experiment amended with digested dairy slurry*. *Biomass and Bioenergy*, 70, 429-439.
6. Baky, A., Nordberg, Å., Palm, O., Rodhe, L och Salomon, E. *Rötrest från biogasanläggningar – användning i lantbruket. 2006*. JTI informerar 115.
7. Björnsson, L. (2012) *Energigrödor för biogasproduktion. Del 1 Odling och arealeffektivitet*. Rapport nr 80, Inst. För Teknik och Samhälle Miljö och energisystem, Lunds universitet (19 sidor).
8. Cardona, T. J (2015) *Farmer's reason to accept bio-based fertilizers –A choice experiment in Flanders*. in Proceedings from RAMIRAN 2015, 8:th-10:th of september, Hamburg, Germany.
9. Christensson, K och Blohmé, H. 2002. *Slutrapport-Filborna biogödsel. 5-årigt fältförsök. Åren 1997-2001*. Försöket genomfört för Nordvästra Skånes Renhållnings AB av Agellus Miljökonsulter och HS Malmöhus.
10. Dahlin, J., Herbes, C., Nelles, M (2015) *Marketing of biogas fermentation residues- The providers perspective*. Proceedings from RAMIRAN 2015, 8:th-10:th of september, Hamburg, Germany.
11. Delin, S och Engström, L (2013) *Kol/kväve-kvoten upplyser om gödselns kvävegödslingseffekt*. Animaliebältets försöksrapport, Sverigeförsöken. [http://www.sverigeforsoken.se/dokument/Kol-kvavekvoten_godslingseffekt\(2\).pdf](http://www.sverigeforsoken.se/dokument/Kol-kvavekvoten_godslingseffekt(2).pdf)
12. Delin, S och Engström, L (2015) *Kväveeffekt av organiska gödselmedel till vår- och höstsäd*. <http://fou.sjv.se/fou/default.lasso> (18 aug -15)
13. Delin, S., Nyberg, A., Sarajodin, J. (2014) *Fosforgödslingseffekt av olika restprodukter*. Rapport nr 13, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. (13 sidor)
14. Ekre, E. *Kväveeffekt*processad gödsel*. Hushållningssällskapet Halland. Opublicerad
15. Eriksson, J. (2009) *Strategi för att minska kadmiumbelastningen i kedjan mark-livsmedel-människa*. Rapport Mat21 1/2009. Int för Mark och Miljö, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
16. Frøseth, R B., m fl (2014) *Effects of green manure herbage management and its digestate from biogas production on barley yield, N recovery, soil structure and earthworm*. European Journal of Agronomy, 52, 90-102.
17. Gissén, C och Svensson, G. (2007) *Effektivare växtnäringsutnyttjande via rötrest i sydsvensk ekoväxtföljd 2003 – 2007*. http://fou.sjv.se/fou/sok_detalj.lasso?id=2590 (18 aug -15)
18. Govasmark, E., Ståb, J., Holen, B., Hoornstra, D., Nesbakk, T. (2011) *Chemical and microbiological hazards associated with recycling of anaerobic digested residue intended for agricultural use*. *Waste management* 31, 2577-2583.

19. Gunnarsson, A., Gertsson, U. (2004) *Växtnäringsstyrning i energi- och näringsseffektiva ekologiska odlingsystem*. Årsrapport 2003/2004. Institutionen för växtvetenskap, avdelningen för hortikultur. SLU.
20. Gunnarsson, A. and Asp, H. (2013) *Biogas nutrient management in organic cropping - not only a nitrogen issue*. In: Løes, Anne-Kristin; Askegaard, Margrethe; Langer, Vibeke; Partanen, Kirsi; Pehme,
21. Sirli; Rasmussen, Ilse A.; Salomon, Eva; Sørensen, Peter; Ullvén, Karin and Wivstad, Maria (Eds.) *Organic farming systems as a driver for change*, NJF Report, no. 9 (3), 111-112.
22. Gustavsson, K och Delin, S. (2014) *Surgörning av flytgödsel och biogödsel för bättre kväveutnyttjande*. <http://www.google.se/url?sa=t&rc=t=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCYQFjABahUKEwjR9diIjbDHAhXKVSwhKHdcoDnI&url=http%3A%2F%2Fwww.agrovast.se%2Fdotnet%2FGetAttachment.aspx%3Fid%3D2115%26siteid%3D87&ei=YNHRVdHFHMqrsQHx6biQBw&usq=AFQjCNHjuHgbInS87oriBo9oWllf5mWPcw&sig2=E1JYcsqa9eSmWlH2yIdWMA>
23. Hammarstedt, M (2010) *Organisk gödsel med tillhöstvet, Skåne försöken*. Hushållningssällskapet Kristianstad. <http://www.sverigeforsoken.se/dokument/TAC-HS-09-1-2010.pdf>
24. Hansen, M.N., Birkmose, T., Mortensen, B., Skaaning, K. (2004) *Miljøeffekter av bioforgasning og separering av gylle. Indflydelse på lugt, ammoniakfordampning og kvælstofudnyttelse*. Grøn Viden, Markbrug nr 296.
25. Jönsson, E (2011) *Effects of biogas residues on respiration and denitrification in arable soil*. Institutionen för Mark och Miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
26. Kapuinen, P., Perälä, P., Regina, K (2007) *Digested slurry as a fertilizer for biogas ley*. NJF report vol 3, nr 4.
27. Köster, J. R., m fl (2015) *Anaerobic digestates lower N₂O emissions compared to cattle slurry by affecting rate and product stoichiometry of denitrification- An isotopomer case study*. Soil Biology & Biochemistry 84, 65-74.
28. Lehmann, L. m fl (2015) *The influence of anaerobic digestion on the concentration of antibiotics, heavy metals and on the phosphorous-solubility of digestates*. Proceedings from RAMIRAN 2015, 8:th-10:th of September, Hamburg, Germany.
29. Lekuona, A. m. fl (2015) *WAVALUE – A new process to produce commercial fertilizers from digestate generated at biogas plants*. Proceedings from RAMIRAN 2015, 8:th-10:th of September, Hamburg, Germany.
30. Loes, A-K. m fl (2014) *Husdyrgjødsel til biogass, hva skjer med avlinger og jord*. Bioforsk Fokus (7 sidor). <http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/117086/L%C3%B8es%20et%20al%20final.pdf>
31. Nätterlund, H. och Wivstad, M. (2009) *100N klarade ribban*. Arvensis, 1. (1 s)
32. Odlare, M (2007) *Biogödsel och kompost -en resurs för jordbruket. Resultat från ett fältförsök*. Forskningsrapport MDH Ist 2007:1, Institutionen för samhällsteknik, Västerås.
33. Odlare, M., Arthursson, V., Pell, M., Svensson, K., Nehrenheim, E., Abubaker, J (2011) *Land application of organic waste-Effects on the soil ecosystem*. Applied Energy 88, 2210-2218.
34. Odlare, M. m fl (2012) *Emissions of N₂O and CH₄ from agricultural soils amended with two types of biogas residues*. Biomass and Bioenergy, 44, 112-116.
35. Oversigt over Landsforsøgene (2003).
36. Oversigt over Landsforsøgene (2010).
37. Pacholski, A. (2015) *Reduction of ammonia emissions and related greenhouse gas fluxes from separated anaerobic digestates*. . Proceedings from RAMIRAN 2015, 8:th-10:th of September, Hamburg, Germany.

38. Panteloupolos, A., Magid, J. och Jensen, L.S (2015) *Drying of separated manure digestate solids- Effect of acidification, temperature and ventilation on nitrogen loss*. Proceedings from RAMIRAN 2015, 8:th-10:th of september, Hamburg, Germany.
39. Sørensen, P. och Birkmose, T (2002) *Kvælstofudvaskning efter gødskning med afgasset gylle*. Markbrug nr 266, Grøn Viden.
40. Sørensen, P., Mejnertsen, P., Møller, H. B. (2011) *Nitrogen fertilizer value of digestates from anaerobic digestion of animal manures and crops*. NJF report vol 7, nr 8.
41. Thomsen, I. m fl (2013) *Carbon dynamics and retention in soil after anaerobic digestion of dairy cattle feed and faeces*. Soil Biology and Biochemistry 58, 82-87.
42. Volkner, A., Holthusen, D., Horn, R (2015). *Determination of soil dispersion caused by anaerobic digestates: interferences of pH and soil charge with regard to soil texture and water content*. Journal of Soils and Sediments. Vol 15, 1491-1499.
43. Wallenhammar, A-C. Käck, Å och Stoltz E. (2011) *Nitrogen management strategies in organic seed production of Timothy (Phleum pratense L.) and Festulolium (Festuca arundinacea x Lolium multiflorum) cv Hykor*. NJF report vol 7, nr 8.
44. Øgaard, A.F, Kristoffersen, A. Ø och Haraldsen, T. K. (2011) *Fertilizer value of liquid residues from household waste biogas production*. NJF report vol 7, nr 8.

Personlig kommunikation

Johansen, Anders (2011). Senior scientist , Department of Environmental Science. Aarhus universitet, Danmark.

Johansen, Anders; Carter, Mette S.; Hauggaard-Nielsen, Henrik; Nielsen, Henrik Bangsø; Andreasen, Christian; Hansen, Christian M.; Carlsgart, Josefine and Roepstorff, Allan (2010) Biogasproduktionens effekter på parasitter, ukrudtsfrø og jordens mikroorganismer. Foredrag på: Seminar om bioenergi i økologisk landbrug, Middelfart, Danmark, 7 December 2010.

RAPPORTER FRÅN AVFALL SVERIGE 2015

2015:01	Sammanställning av svenska lakvattenanläggningar samt kunskapsläget inom lakvattenhantering i Sverige 2011
2015:02	Utvärdering av miljöpåverkan vid användning av slaggrus baserat på utförda projekt
2015:04	Tillståndsvillkor och luktförekomster vid biogasanläggningar i Sverige
2015:05	Metanutsläpp från restgas vid uppgradering
2015:06	Vägledning. Prisjustering med index inom avfallsverksamhet
2015:07	Källsortering och behandling av matolja. Goda exempel från kommuner och bostadsbolag
2015:08	Volym- och sättningsberäkningar av deponier och avfallsupplag med en multirotorhelikopter (klass 1B UAS)
2015:09	Deponirest. Kartläggning och möjlig avsättning
2015:10	Möjligheter att utvinna kritiska grundämnen från askor med lakning
2015:11	Increased material recovery – What role will energy recovery play?
2015:12	Drönare på tippen – effektivare styrning av verksamhet på avfallsanläggningar
2015:13	Beslutsstöd för hantering av deponeringsemissioner vid sluttäckning
2015:14	Kapacitetsutredning 2015 – Avfallsförbränning och avfallsmängder till år 2020
2015:15	Matavfallets väg från bord till jord – en översiktlig kartläggning av olika insamlingssystem för källsorterat matavfall från hushåll
2015:16	Avfallssystem Källsortering vs Mekanisk sortering. Litteraturstudie
2015:17	Att kvalitetssäkra källsorterat matavfall
2015:18	Kommunikationsstrategi – för ökad acceptans för biogödsel
2015:19	Förebygga avfall i kommunen – metod och inspiration
2015:20	Årsrapport 2014. Certifierad återvinning, SPCR 120
2015:21	Kommunernas roller i den cirkulära ekonomin
2015:22	Produkters totala avfall - studie om avfallets fotavtryck och klimatkostnader
2015:23	Fastighets- och konsumentnära insamling av farligt avfall från hushållen
2015:24	Kvalitetssäkring vid import av avfallsbränsle
2015:25	Hushållsavfall i siffror - Kommun- och länsstatistik 2014
2015:26	Effekter av injicering av vatten i en förbränningsugn
2015:27	Hantering av flygaska från avfallsförbränning. Dagens hantering och framtida vägval
2015:28	Metoder för att åtgärda/stabilisera gamla deponier
2015:29	Sammanställning av resultat från försök med biogödsel i norra Europa

Avfall Sverige är expertorganisationen inom avfallshantering och återvinning. Det är Avfall Sveriges medlemmar som ser till att avfall tas om hand och återvinns i alla landets kommuner. Vi gör det på samhällets uppdrag: miljösäkert, hållbart och långsiktigt. Vår vision är "Det finns inget avfall". Vi verkar för att förebygga att avfall uppstår och att mer återanvänds. Kommunerna och deras bolag är motorn och garanten för denna omställning.



Avfall Sverige Utveckling 2015:29

ISSN 1103-4092

©Avfall Sverige AB

Adress Prostgatan 2, 211 25 Malmö
Telefon 040-35 66 00
Fax 040-35 66 26
E-post info@avfallsverige.se
Hemsida www.avfallsverige.se