

Bioforsk Rapport

Vol. 7 Nr. 32 2012



Bakgrunnsmateriale for vurdering av karbontap under lagring av husdyrgjødsel

Anne-Kristin Løes, Geir Fisknes, Arve Lian og John Morken

www.bioforsk.no



Tittel:

Bakgrunnsmateriale for vurdering av karbontap under lagring av husdyrgjødsel

Forfatter(e):

Anne-Kristin Løes¹⁾, Geir Fisknes²⁾, Arve Lian³⁾ og John Mørken⁴⁾

¹⁾ Bioforsk Økologisk ²⁾ Mære landbrukskole

³⁾ Skjetlein videregående skole ⁴⁾ UMB

<i>Dato:</i> Februar 2012	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr.:</i> 20167	<i>Saksnr.:</i>
<i>Rapport nr.:</i> 32/2012	<i>ISBN-nr:</i> 978-82-17-00902-3	<i>Antall sider:</i> 10	<i>Antall vedlegg:</i> 0

<i>Oppdragsgiver:</i> Regionalt forskningsråd Midt-Norge	<i>Kontaktperson:</i> Anne-Kristin Løes, anne-kristin.loes@bioforsk.no
---	--

<i>Stikkord:</i> husdyrgjødsel, metan, klimagasser	<i>Fagområde:</i> Landbruk og miljø
---	--

Sammendrag: Samlet gjødselmengde er beregnet for tre gårder i Midt-Norge med melkeproduksjon. Næringsinnhold og karboninnhold i gjødsel er analysert. Et småskala forsøk med lagring av husdyrgjødsel er gjennomført, der endringer i vekt, tørrstoff og innhold av totalt karbon (C) og nitrogen ble registrert fra februar til juli. Forholdet mellom total C og mineraler som kalium, kalsium og magnesium kan brukes til å anslå karbontap og dermed også metantap fra husdyrgjødsel. Det må arbeides videre med hvordan dette kan undersøkes på en pålitelig måte i større skala.

<i>Land:</i>	Norge
<i>Fylke:</i>	Møre og Romsdal og Trøndelag
<i>Kommune:</i>	Tingvoll
<i>Sted/Lokalitet:</i>	Midt-Norge

Godkjent / Approved

Prosjektleder / Project leader




Atle Wibe

Anne-Kristin Løes

Innhold

1.	Bakgrunn.....	6
1.1	Prosjektet «Biogasskunnskap»	6
1.2	Reduserte utslipp av metan fra husdyrgjødsel	6
2.	Gjødselressurser og gjødselsystem på Tingvoll gard	8
2.1	Gjødselmengde og gjødselsystem	8
2.2	Næringsinnhold i gjødsla	10
3.	Gjødselressurser og gjødselsystem på Skjetlein videregående skole	11
3.1	Gjødselmengde og gjødselsystem, storfe	11
3.2	Næringsinnhold i gjødsla	12
4.	Gjødselressurser og gjødselsystem på Mære landbruksskole.....	13
4.1	Gjødselmengde og gjødselsystem	13
4.2	Næringsinnhold i gjødsla	14
5.	Karbondap fra husdyrgjødsel under lagring	16
5.1	Metodikk	16
5.2	Resultater.....	17
6.	Konklusjon.....	21
7.	Litteratur	23

1. Bakgrunn

1.1 Prosjektet «Biogasskunnskap»

Regionalt forskningsfond Midt-Norge dekker fylkene Sør- og Nord-Trøndelag samt Møre og Romsdal. Ved fondets første utlysning i 2010 fikk Bioforsk Økologisk innvilget et forprosjekt, «Gårdsbaserte biogassanlegg i Midt-Norge - forprosjekt for kartlegging av kunnskapsbehov» (kortnavn: «Biogasskunnskap») med prosjektperiode 2011. Målsetningen var å undersøke hvordan lokale ressurser kan utnyttes slik at biogassanlegg på gårdsnivå i region Midt-Norge kan bli lønnsomme, og vurdere hvordan biogass-behandling av husdyrgjødsel kan redusere landbrukets utslipp av drivhusgasser. Prosjektet handlet altså dels om energiproduksjon, og dels om miljøeffekter.

Prosjektet har undersøkt muligheten for økt energiutbytte i biogassanlegg ved bruk av restprodukter (bleikejord, stearin, såpe) fra fiskeoljeindustrien (Ward 2012) som tilleggssubstrat. Videre har vi vurdert hvordan avfallsstoffer i restproduktene, som organiske miljøgifter og tungmetaller, påvirker bioresten som gjødsel (Amundsen 2012). Vi har også arbeidet med hvordan tilleggssubstratene skal mates inn i biogassanlegget, og hvordan dette skal styres ved hjelp av datamaskin med tilpasset programvare (Løes, Kvande, Holvik og Tronsen 2012). Forprosjekt bør munne ut i prosjektsøknader, og problemstillinger fra forprosjektet er bearbeidet i søknader både til Norges forskningsråd/Styret for forskningsmidler over jordbruksavtalen og Midt-Norsk forskningsfond i løpet av prosjektperioden. Begge søknadene ble innvilget, og gir oss anledning til å arbeide videre med problemstillinger knyttet til biogass i landbruket, og bidra til et økende samspill mellom «grønne» og »blå» næringer (landbruk og marin sektor).

1.2 Reduserte utslipp av metan fra husdyrgjødsel

Drøvtyggere produserer metan (CH_4) under fordøyelsen, som slippes ut til luft «i begge ender». Disse prosessene er krevende å regulere, og ca. 85 % av metantapet fra grovfôrbasert husdyrhold skjer på denne måten (MD 2007, s. 127). Den resterende tapsposten på 15 % kommer fra lagring av husdyrgjødsel, og er noe enklere å kontrollere. Anaerob gjæring av husdyrgjødsel i biogassanlegg, der metan-gassen utnyttes til energiformål i stedet for å gå tapt under lagring, kan være et viktig bidrag til å redusere utslippet av drivhusgasser fra landbruket, spesielt der biogassen erstatter fossil energi f.eks. som drivstoff for traktorer. I stortingsmeldingen «: Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen» (LMD 2009) legger regjeringen opp til at 30 % av husdyrgjødsel skal behandles i biogassanlegg (s 124).

Denne rapporten vurderer om klimaeffekten av gårdsbaserte biogassanlegg kan estimeres ved hjelp av en massebalanse for karbon. Det er hittil ikke undersøkt under norske forhold hvilken effekt anaerob gjæring av husdyrgjødsel faktisk har på metanutslippene fra gjødsel under lagring. Kan det dokumenteres at metanutslippene blir mindre med biogassbehandling av husdyrgjødsel, er det et viktig argument for at samfunnet bør gi økonomisk støtte til bønder som gjennomfører slike investeringer.

Tre eksempelbruk er beskrevet i rapporten, ett fra hvert fylke: Mære landbruksskole i Nord-Trøndelag, Skjetlein videregående skole i Sør-Trøndelag og Tingvoll gard i Møre og Romsdal. På Tingvoll gard ble det bygget biogassanlegg i 2010-11. Anlegget ble forsinket i oppstarten av gassproduksjonen, slik at vi ikke fikk testet ut like mye i praksis som planlagt

i prosjektet «Biogasskunnskap». Biogassanlegg er under planlegging på Skjetlein. På Mære har et anlegg vært planlagt i lengre tid, men så langt har det ikke vært mulig å få finansiert anlegget. Likevel er det av interesse å estimere karbonmengdene som sirkulerer gjennom gjødselsystemet på hvert av disse stedene. Denne rapporten beskriver gjødselressursene og gjødselsystemene på eksempelbrukene, og anslår karbonmengdene som er i omløp. Basert på normtall anslås også metantap med dagens system. Videre beskrives en detaljundersøkelse av karbontap fra husdyrgjødsel under lagring.

For å forenkle lesningen er det mange detaljer i beskrivelsen av hvert eksempelbruk som er gjengitt uten forbehold. Som eksempel: Beiteperiode for melkekyr oppgis til 15.5-15.9 på Tingvoll gard. Enkelte sesonger kan det bli tidligere eller seinere beteslipp eller innsett, men for å forenkle teksten har vi ikke tatt slike forbehold. Opplysningene må betraktes som typiske for drifta på hvert bruk per desember 2011. Kjemiske analyser av tørrstoff og makronæringsstoff er utført av Eurofins, Sverige. Analyser av total karbon (C) og nitrogen (N) er utført ved Institutt for plante- og miljøvitenskap ved UMB.

Til beregning av gjødselmengder har vi brukt følgende tabell (Nesheim et al., 2011):

Tabell 1.1. Gjødselmengder i liter per dyr per måned, uten tilsetning av strø eller vann. Volumvekt av blautgjødsel regnes som 1 (1 kg per liter).

Dyreslag:	Urin	Fast	Blanding
Kalver < 6 mnd	100	150	250
Ungdyr 6-12 mnd	200	300	500
Ungdyr > 12mnd	350	500	850
Voksne kyr	600	900	1 500
Slaktegriser - tørt fôr	120	80	200
Slaktegriser - mysefôring	240	160	400
Purker	240	160	400
Hester	200	600	800
Lam og killinger	15	35	50
Voksne sauer og geiter	40	110	150
Verpehøns	-	-	5
Broilere	-	-	2

2. Gjødse ressurs er og gjødse lsystem på Tingvoll gard

2.1 Gjødse lmengde og gjødse lsystem

Tingvoll gard eies av stiftelsen Norsk senter for økologisk landbruk (NORSØK), og drives økologisk av forpakterne Anne de Boer og Erik Lindhardt. De leier en del jord, og en melkekvote på 68 tonn i tillegg til sin egen kvote på 80 tonn årlig. Areal hvor det er aktuelt å spre gjødse l er 260 daa (fulldyrka jord).

Besetningen på Tingvoll gard består av 20-21 årskyr og ungdyr til eget påsett. Antall årskyr vil alltid være lavere enn antall kalvinger i en besetning i løpet av et år, pga. at utrangeringer gjerne skjer før laktasjonen er helt over, og i alle fall før sinperioden. Det er typisk 24 kalvinger per år, og vi forutsetter 50 % oksekalver. Oksekalvene selges ved 3-4 mnd. alder.

I løpet av et år vil vi ha gjødse l fra:

- 12 kalver 0-3 mnd (okser)
- 12 kalver 0-3 mnd (kviger)
- 12 kviger 3 mnd-6 mnd
- 12 kviger 6 mnd-12 mnd
- 10 kviger 1-1,5 år
- 8 kviger 1,5-2 år

Mer enn halvdel en av kalvingene skjer mellom april og juni.

Ungdyr opp til 1,5 års alder går i binger med halmstrø, med unntak av et spalteareal ved eteplassen. Gårdbrukerne antar at 80-85 % av gjødsla faller på halmdekket areal. Denne gjødsla legges ut og komposteres i ranker. Halmen (konvensjonell) kjøpes inn i rundballer. Det vil gå med ca. 50 halmballer per år, a 200 kg = 10 tonn halm. Kviger fra 1,5-2 års alder går i egen avdeling av løsdri ftsfjøs med spaltegolv, i den runde delen av fjøset der melkekyrne er.

Det er til sammen ca. 66 tonn med husdyrgjødse l per år som håndteres som kompost, og 352 tonn som håndteres som bløtgjødse l og som skal råtnes ut i biogassanlegg (Tabell 2.1).

Fôringa av melkekyr er tilpasset en ytelse på 8000 kg per årsku. Kyrne står inne fra 15.9 til 15.5. Ungdyra settes inn 1.10. I beitesesongen er kyrne inne mellom kveldsmelking og morgenmelking. Alle andre dyr er ute, med unntak av kalver under 3 mnd. Vi forutsetter at 50 % av gjødsla fra kyrne legges igjen inne i fjøset i beitesesongen. Når dyra er i fjøset har de adgang til overbygde lufteverandaer som skrapes manuelt. Gjødse l som faller på dette arealet skrapes ned i rister, og kommer da ned i flyterenna (se nedenfor). Melking foregår i melkestall med plass til 2 x 4 kyr av gangen. Dette er effektivt tidsmessig, men inkludert venteareal blir det stort areal som må vaskes to ganger daglig. Mengden med vann som brukes til dette og andre formål, og havner i flyterenna utgjør ca. 0,8 m³ per dag. Årsnedbøren utgjør 0,5 m³ per dag (1300 mm årlig, 150 m² areal, fratrukket fordampning 190 m³).

Under avdelingen med melkekyr er det ei flyterenna med innvendig areal 122,5 m² x 2,20 m dybde, der gjødsla siger unna til en pumpekum. Terskelen ved pumpekummen er 40 cm

høy. Volumet av flyterenna er 270 m³, men det blir ikke så mye gjødsel i renna før den pumpes over i sluttlageret. Pumpekummen har målene 3 m dybde x 1,9 m 13 m lengde = 74 m³. Den delen av pumpekummen som inngår i den sirkelrunde flyterenna utgjør 4 m³ (0,8 m dybde x 3 m (bredde av flyterenna) x 1,90 m). Avløpet fra melkerommet går til flyterenna. Når volumet i pumpekummen nærmer seg maksimal kapasitet pumpes gjødsel over i et åpent sluttlager, som rommer 620 m³. Det er dessuten tilgang på en gjødselkjeller på en nabogård som er leiejord for Tingvoll gard.

I avdelinga for kalver og ungdyr er det et spalteareal ved fôrbrettet, med en gjødselkanal under med en skrape i. Gjødsla skrapes inn i flyterenna. Gårdbrukerne anslår at 15-20 % av gjødsla fra kalver og ungdyr havner her.

Når biogassanlegget kommer i drift vil gjødsel fra pumpekummen pumpes inn i biogassreaktorene to ganger daglig, anslagsvis 0,5 m³ per reaktor per dag. I pumpekummen kjøres det omrøring, foreløpig 1 time daglig. Det er en utfordring å få gjødsla homogen ved denne omrøringa. Etter en hel natts omrøring var det fortsatt tykkere gjødsel lenger ned i kummen da biogassanlegget ble fylt første gang 22. september 2011 (Tabell 2.2).

Over tid kan det bli en utfordring å unngå at fast gjødsel samler seg opp i flyterenna, mens bare det tynneste renner ut i pumpekummen. Terskelen på 40 cm er nødvendig for å unngå at stein kommer inn i gjødselpumpa, og hemmer noe transport. Gjødsla som skrapes ned fra utearealet, og fra kvigene som går i kudelen av fjøset, er fastere enn gjødsla fra melkekyrne som slippes inne. Gjødsla fra ungdyra i ungdyravdelinga er også betydelig fastere enn kumøkka. Det kan bli nødvendig å installere en omrøringspumpe i flyterenna for å få gjødsla mer homogen.

Tabell 2.1. Årlige gjødselmengder til bløtgjødsel og kompost for besetningen på Tingvoll gard, forutsatt at 85 % av gjødsla fra kalver og ungdyr < 1,5 år legges på halmdekke som komposteres, at alle ungdyr > 3 mnd. er ute i 4,5 mnd. (ingen gjødsel samles opp) og at melkekyr er ute 4 mnd. der 50 % av gjødsla samles opp.

Dyreslag	Til bløtgjødsel	Til kompost	
	Tonn/år	Tonn/ år	Sum
24 kalver 0-3 mnd, 250 kg/mnd	2,70	15,30	18,00
12 kvigekalv 3-6 mnd, 250 kg/mnd	0,84	4,78	5,63
12 kvigekalv 6-12 mnd, 500 kg/mnd	3,38	19,13	22,50
10 kviger 1-1,5 år, 500 kg/mnd	4,78	27,09	31,88
8 kviger 1,5-2 år, 850 kg/mnd	25,50	0	25,50
21 årskyr, 1500 kg /mnd	315,00	0	315,00
TOTALT PER ÅR	352,20	66,30	418,50

2.2 Næringsinnhold i gjødsla

Kjemisk analyse av husdyrgjødsla på Tingvoll gard ble tatt i forbindelse med at biogassanlegget ble fylt opp med gjødsla (5 m³ som en start) for første gang, 31. august 2011. Prøve 1 ble tatt fra gjødsla som ble pumpet over fra pumpekummen. Prøve 2 ble tatt med en gjødslaprøvetaker som ble stukket ned i pumpekummen (2 stikk), fordi gjødsla var mest tyntflytende i øverste del av kummen. Vi fikk bekreftet at tørrstoffinnholdet, og dermed også næringsinnholdet, var noe høyere i den «tjukkeste» delen av gjødsla, og noe lavere i den som ble pumpet over i anlegget. Forskjellene var mindre enn man skulle forvente ut fra hvordan gjødsla så ut i pumpekummen, og ved uttak av prøve til gjødselanalyse fra inntaksrøret til biogassanlegget. Gjødsla hadde forholdsvis lavt TS-innhold på dette tidspunktet. Seinere på vinteren ble gjødsla betydelig fastere, med TS verdier rundt 7 %.

Innholdet av total-N målt ved UMB er undersøkt i en prøve som er tørket, finmalt og glødet i en LECO-analysator der det måles hvor mye N og C (eventuelt også H og O) det er i gassene som dampes av under gløding. Prøvene ble tatt ut fra gjødsla som var tørket ved 105 °C og brukt til tørrstoffbestemmelse. Innholdet av Kjeldahl-N er også et mål for total-N. Prinsippet i denne metoden er at det organiske materialet oksyderes gjennom oppvarming i svovelsyre, slik at alt nitrogen omdannes til ammoniumsulfat. Mengden ammonium måles så ved titrering med lut.

Det er en betydelig forskjell i resultatene for total-N i gjødsla målt i % av TS med de to metodene. Det kan skyldes at noe N er gått tapt under tørking.

Tabell 2.2. Næringsinnhold i gjødsla fra Tingvoll gard september 2011. Innhold i kg per tonn fersk gjødsla (tilsvarer g per kg) / i % av tørrstoff. Nederst i tabellen totalt innhold av C og N i tørr, finmalt gjødsla, i %.

Parameter	Prøve 1 (råtnetank)	Prøve 2 (pumpekum)
Tørrstoff, %	3,6	4,5
Kjeldahl-N	1,8 / 5,00	2,0 / 4,4
Fosfor (P)	0,35 / 0,97	0,43 / 0,96
Kalium (K)	1,9 / 5,28	2,1 / 4,67
Ammonium (N-NH ₄)	1,0 / 2,78	1,0 / 2,22
Kalsium (Ca)	0,72 / 2,00	0,90 / 2,00
Magnesium (Mg)	0,29 / 0,81	0,36 / 0,80
pH	7,2	7,0
Total-C, %	44,76	44,29
Total-N, %	2,12	2,28

3. Gjødse ressurs er og gjødse lsystem på Skjetlein videregående skole

3.1 Gjødse lmen gde og gjødse lsystem, storfe

Melkeku-besetninga på Skjetlein består av ca. 42 årskyr og ungdyr til eget påsett, og det er ca. 52 kalvinger i løpet av året.

I løpet av et år vil vi ha gjødse l fra:

26 kalver 0 - 3 mnd (okser)

26 kalver 0 - 3 mnd (kviger)

20 kviger 3 - 6 mnd

20 kviger 6 - 12 mnd

18 kviger 1 - 2 år

Kalvingene skjer mellom 1. august og 1. desember.

Kalvene og kvigene går på spalteplank og har liggeareal med gummimatter.

Kyrne har gummimatter både i liggeareal og gangareal. Gjennomsnittsyttelse er ca. 8800 liter EKM pr årsku. Halvdelen av kyrne sines av på vårparten og beiter ute. Kalver og kviger går også på beite i ca. 16 uker. Melkekyrne beiter også ute på dagtid hele sommeren, de er inne om natta. Melkingen skjer med melkerobot. Gjennomsnitt 3,2 melkinger per ku per dag.



Figur 4.1. Fjøset på Skjetlein videregående skole, hvor det drives økologisk melkeproduksjon med 42 årskyr.

Med de samme gjødse lmen gdene per dyr som vist for Tingvoll gard i tabell 2.1, og med fratrekk for gjødse l lagt igjen på beite som beskrevet over, vil det på Skjetlein være 589,4 tonn blautgjødse l tilgjengelig per år.

3.2 Næringsinnhold i gjødsla

En prøve ble tatt fra gjødsekkjelleren, der prøvetakeren ble stukket ned i pumperommet. På dette tidspunktet var gjødsekkjelleren omrørt. Den andre prøven ble tatt inne i husdyrrommet noen uker seinere (16. mai 2011).

Tabell 3.2. Næringsinnhold i gjødsla fra Skjetlein våren 2011. Innhold i kg per tonn fersk gjødsla (tilsvarende g per kg) / i % av tørrstoff. Nederst i tabellen totalt innhold av C og N i tørr, finmalt gjødsla, i %.

Parameter	April 2011 Gjødsekkjeller	Mai 2011 Husdyrrom
Tørrstoff, %	9,2	12,0
Kjeldahl-N	3,2 / 3,48	3,5 / 2,92
Fosfor (P)	0,91 / 0,99	1,1 / 0,92
Kalium (K)	3,1 / 3,37	1,4 / 1,17
Ammonium (N-NH ₄)	1,6 / 1,74	0,5 / 0,42
Kalsium (Ca)	1,4 / 1,52	2,3 / 1,92
Magnesium (Mg)	0,59 / 0,64	0,85 / 0,71
pH	8,1	7,0
Total-C, %	43,64	42,23
Total-N, %	2,78	1,95

4. Gjødse ressurs er og gjødse lsystem på Mære landbruksskole

4.1 Gjødse lmen gde og gjødse lsystem

I gjennomsnitt for de siste 4-5 årene er det 56 årskyr på Mære landbruksskole, og antall kalvinger per år er 64. Oksekalvene selges ved ca. 3 mnd. Kvicekalvene blir på skolen, alle blir inseminert, og ca. 90 % blir brukt til å fornye besetningen.



Figur 4.1 Storfjøset på Mære landbruksskole (rød bygning til høyre).

Melkekyrner slippes på beite ca. 10. mai og settes inn ca. 15. september. Vi regner med 4 mnd. beiteperiode. Ungdyr slippes litt seinere og tas inn noe senere, ca. 10. oktober. Vi regner 4,5 mnd. beiting per år for disse.

Halvparten av melkekyrner går i løsdrift, mens den andre delen står på bås. Kalvene står de første dagene på enkeltbinger, deretter i felles binger frem til de er ca. 3 mnd. Eldre kalver og ungdyr går i binger med spalteplass. Under all spalteplassen og ristene bak båskyrner går det gjødsettrekk. All gjødsla samles i blautgjødse ller.

Det ble i 2008 tatt i bruk et nytt grisehus ved skolen. Dette er bygget opp til konsesjonsnivå med kombinert produksjon. Besetningen er på 60 årspurker og framfôring av ca. 1400 slaktegriser. Gjødsla blir samlet i renner under bingene, og under rennene er det lagt store rør. Ved å åpne i bunnen på rennene, renner gjødsla ned i rørene. Dette systemet kalles vakuum-utgjødsling. Det ligger tre slike store rør under fjøset, og i enden samles disse til ett rør, og dette ender i en del av kjelleren i storfefjøset.

Kjelleren under storfefjøset er delt i tre. I utgangspunktet var det tenkt slik at fastgjødse l skulle lagres i de to ytterste delene, mens urin skulle samles i den midtre. Dette har aldri fungert, og i dag er det bløtgjødse l i de to ytterste delene, mens den midtre brukes til grise gjødse l. Med litt ujevne mellomrom pumpes grise gjødsla ned til et åpent gjødse ller

(lagune), som er 40 m X 50 m = 2000 m² = 2 daa og har en lagringshøyde på 3 m. En del grisegjødsel tas direkte fra kjeller og spres på jordene ved fjøset.

Til spredning brukes slangeutstyr med stripespreder. Med unntak av arealene som brukes til beiter, blir alt areal brukt til gjødselspredning. Enga påføres husdyrgjødsel tidlig på våren, etter førsteslått og etter andreslått. Det blir brukt 3 - 4 m³ pr daa for hver spreing. Det spres 2,5 - 3 m³ pr daa på de arealene som skal brukes til korn og potet.

I løpet av et år vil vi ha gjødsel fra:

64 kalver 0 -3 mnd
32 kalver 3- 6 mnd
32 kalver 6 - 12 mnd
32 kalver 1,0 - 1,5 år
29 kviger 1,5 - 2,0 år
56 kyr

Med de samme gjødselmengdene per dyr som vist for Tingvoll gard i tabell 2.1, og forutsatt at 70 % av gjødsla fra melkekyrne legges igjen på beite, vil det på Mære være 1192,5 tonn blautgjødsel tilgjengelig per år fra storfe. Tillegg for gris:

1400 slaktegris	1,2 tonn/dyr/år, totalt 1680 tonn
60 purker	4,8 tonn/dyr/år, totalt 288 tonn

SUM for gris og storfe: 3160,5 tonn pr år.

I tillegg kommer strø og vaskevann. Inkludert dette er gjødselmengden totalt ca. 4000 m³ husdyrgjødsel pr år. Laguna er åpen og samler all nedbør fra totalt 2 daa. Med en nedbørsmengde på 830 mm pr år blir det 1660 m³ med vann i grisegjødsla. Totalt må man på Mære spre ca. 5500m³ gylle pr år.

4.2 Næringsinnhold i gjødsla

Den første prøven er tatt i en av rennene i grisehuset. Dette er ikke helt fersk gjødsel, men kan være fra noen dager til en uke. Prøven er tatt i fødeavdelingen, og man kunne ha forventet at TS-verdien var noe høyere. Grisegjødsla bunnfeller raskt, og det var ikke anledning til omrøring før prøveuttak. Resultatene kan tyde på at man har fått med for lite av det bunnfelte.

Prøve to er fersk gjødsel som er tatt i fjøset.

Prøve tre er tatt fra et av rørene på stripesprederen, mens denne var i drift. Samtidig ble det tatt enda en prøve. Denne sendte skolen direkte til analyse. Det er noe forskjell på analyseresultatene, bl.a. er TS i prøven som skolen sendte inn betydelig høyere, 4,3 % mot 2,7 % i Tabell 4.1.

Prøve fire er tatt i toppen av gjødsla i den delen av kjelleren under storfefjøset, hvor det er bare storfegjødsel. Prøven er tatt like før gjødsla ble spredd, og kjelleren ble tømt i januar, slik at gjødsla kan ha ligget i maks 4 måneder.

Tabell 4.2. Næringsinnhold i gjødsel fra Mære våren 2011. Innhold i kg per tonn fersk gjødsel (tilsvarende g per kg) / i % av tørrstoff. Nederst i tabellen totalt innhold av C og N i tørr, finmalt gjødsel, i %.

Parameter	Fersk, svin 17. juni	Fersk, storfe 13.mai	Klar for spredning, storfe 10. mai	Lagret, storfe 10. mai
Tørrstoff, %	1,8	9,4	2,7	5,8
Kjeldahl-N	2,4 / 13,3	2,9 / 3,09	2,0 / 7,41	2,4 / 4,14
Fosfor (P)	0,30 / 1,67	0,76 / 0,81	0,35 / 1,30	0,30 / 0,52
Kalium (K)	2,9 / 16,11	1,6 / 1,70	1,9 / 7,04	1,7 / 2,93
Ammonium (N-NH ₄)	1,9 / 10,56	0,9 / 0,96	1,4 / 5,19	1,5 / 2,59
Kalsium (Ca)	0,44 / 2,44	1,5 / 1,60	0,52 / 1,93	0,87 / 1,50
Magnesium (Mg)	0,17 / 0,94	0,51 / 0,54	0,23 / 0,85	0,48 / 0,83
pH	8,0	7,7	7,7	7,4
Total-C, %	32,01	44,97	39,82	41,66
Total-N, %	1,57	2,35	2,28	1,93

5. Karbontap fra husdyrgjødsel under lagring

5.1 Metodikk

For å undersøke hva som skjer med husdyrgjødsel under lagring fylte vi en murerstamp med ca. 60 liter husdyrgjødsel 15.2.2011. Forsøket ble utført på Tingvoll gard, i den gamle driftsbygningen. Gjødsel ble tatt ut i ei gjødselrenne i ungdyravdelinga, der det sto kviger på ca. ett år (se forsidebilde). Urin og fast gjødsel lå om hverandre i renna. Dette ble skuffet opp i stampen og godt blandet. Stampen ble plassert i et kjølig, men frostfritt rom ved siden av fjøset (Figur 5.1). Med jevne mellomrom ble det rørt godt rundt med en mørtelmikser, og prøver ble tatt ut til TS analyse og for å måle innholdet av karbon (total C). Innimellom de grundige røringene ble det gjort en enkel omrøring med en plankebit. Fra oppstart til 28. mars ble det rørt rundt med en plankebit minst en gang per uke, og med jevne mellomrom rørt godt rundt med mørtelmikser og tatt ut prøver (tre paralleller) på ca. 100 g til TS-analyse. Etter 28. mars kom våronna og feltsesongen, og stampen ble stående nokså i fred fram til forsøket ble avsluttet den 25. juli.

Tørrstoffmålinger ble gjennomført på Tingvoll. Etter grundig omrøring ble tre parallelle gjødselprøver på ca. 100 g tørket til konstant vekt i aluminiumsformer ved 105 °C på hver måledato.

Vekttapet underveis i forsøket ble målt ved at stampen ble plassert på en badevekt, slik at vekta kunne avleses med +/-100 g nøyaktighet. Vekta ble avlest 7 ganger i løpet av perioden forsøket varte. Vekttapet ble beregnet i sju måleperioder, som g vekttap per g startvekt for hver måleperiode, per dag hver enkelt måleperiode varte.

Vi ønsket at overflaten på gjødsla skulle ha fri tilgang til luft, men samtidig måtte vi unngå forurensninger. Stampen med gjødsel ble derfor plassert under en hylle i lagringsrommet. Det var ca. en halv meter mellom kanten av stampen og denne hylla.

Ved oppstart og avslutning av forsøket ble næringsinnholdet analysert for innhold av makronæringsstoff ved Eurofins analyselaboratorium i Sverige. Prøvene som ble tatt ut til TS-måling underveis ble analysert for innhold av total-C og totalt-N ved UMB, etter at de var blitt finmalt med elektrisk kvern.



Fig. 5.1. Borghild Gjørsvik rører gjødsel med mørtelmikser.

5.2 Resultater

Ved avslutning av forsøket var det dannet et skorpelag, men det var lett å røre ut. Gjødsla under skorpelaget var overraskende lettflytende, og lukta var skarp sammenliknet med tidligere røring. At gjødsla var lettere å røre tyder på at det har skjedd mer med gjødsla på grunn av høyere temperatur i rommet i sommersesongen. Skarp lukt kan skyldes at skorpedannelsen hemmet gassutslipp.

I henhold til tallene fra analyselaboratoriet ser det ut til at tørrstoffinnholdet har økt noe (Tabell 5.1). I henhold til egne målinger (Tabell 5.2) var det imidlertid ingen endringer i TS innhold i løpet av forsøket.

Konsentrasjonen av mineraler som P, Ca, K og Mg har økt (Tabell 5.1), mens innholdet av total-N og ammonium (NH_4) har avtatt under lagringen. Økningen i mineralinnhold skyldes at vann og organisk materiale har fordampet fra gjødsla under lagringen.

Tabell 5.1. Næringsinnhold i gjødsel tatt ut 15.2.2011 (prøve 1) og samme gjødsel analysert 25.7.2011 (prøve 2). Blautgjødsel fra ungdyr på Tingvoll gard, tatt ut i gjødselrenne med både urin og gjødsel. . Innhold av næringsstoff i kg per tonn fersk gjødsel (tilsvarende g per kg) / i % av tørrstoff.

Parameter	Prøve 1 g per kg / % av TS	Prøve 2 g per kg / % av TS	Endring i % (av verdier i g per kg)
Tørrstoff, %	15,5	17,0	+10
Kjeldahl-N	5,7 / 3,68	4,7 / 2,77	-18
Fosfor (P)	1,6 / 1,03	1,8 / 1,06	+13
Kalium (K)	4,4 / 2,84	5,2 / 3,06	+18
Ammonium (N-NH ₄)	2,6 / 1,68	2,0 / 1,18	-23
Kalsium (Ca)	2,5 / 1,61	2,9 / 1,71	+16
Magnesium (Mg)	0,93 / 0,60	1,1 / 0,65	+18
pH	7,6	8,0	+5

Nedgangen i vekt underveis er vist i Tabell 5.2. Samlet vekttap var på 8,6 kg, dvs. ca. 14 % av opprinnelig gjødselmengde.

I husdyrgjødsel som lagres uten omrøring vil det bli en nedgang i TS-innhold under lagring, fordi organisk materiale brytes ned og blir til gass. På samme måte vil et eple eller en tomat som råtner gå gjennom en fase der alt «flyter», før det flytende damper bort. Møller et al. (2002) fant en nedgang i TS innhold i gjødsel fra melkekyr fra 64 g per liter (etter 2 ukers lagring i flyterenne) til 44 g per liter (etter 2 uker i flyterenne + 16 uker i lagertank). Hvis vi regner at 1 liter gjødsel veier 1 kg (som vann) vil tallene tilsvare et TS innhold på 6,4 og 4,4 %. Lagringstemperaturen i forsøket til Møller et al. (2002), som foregikk i Danmark, varierte mellom 10 og 20 °C, og volumet var 10 m³ (lagringshøyde 1,7 m).

I vårt forsøk var gjødselvolumet mindre slik at forholdet mellom overflate og totalvolum var mye større enn i det danske forsøket. Videre hemmet vi skorpedannelse ved jevnlig omrøring. En skorpe vil antakelig bremse fordampning sammenliknet med gjødsel uten skorpelag. På den andre siden var temperaturen i vårt forsøk sannsynligvis noe lavere enn i det danske forsøket, i alle fall i første del av perioden. Vi målte ikke temperatur, men fra starten av forsøket 15. februar og fram til 28. mars var temperaturen i rommet sannsynligvis rundt 10 °C. Et tredje forhold er at TS-innholdet fra start var mye større i vårt forsøk enn i det danske. Gjødsel fra ungdyr inneholder mer TS enn gjødsel fra voksne dyr som får kraftigere fôring, og vi tilførte kanskje for lite urin i forhold til fast gjødsel til at det ble en representativ blautgjødsel. Dette kan ha påvirket nedbrytningen av TS.

Husdyrgjødsel er derfor ikke et stabilt produkt. Det skjer tap under lagring. Når gjødsla lagres aerobt (kompostering) dannes overveiende karbondioksid, CO₂ og vann, mens med anaerobt lagring dannes metan, CH₄ og CO₂. I et gjødsellager vil det være aerobt miljø på overflaten, og anaerobt lenger nede. Både CO₂ og CH₄ vil lekke ut under lagring. Metan er

en drivhusgass med betydelig større effekt enn karbondioksid. Utslippene av klimagasser må ned, og landbruket må ta sin del. Anaerob gjæring av gjødsla i biogassanlegg kan redusere utslippet av metan, og det ville være bra å få tallfestet slike reduksjoner.

Det er imidlertid svært vanskelig å måle hvor mye metan som slippes ut fra gjødsellagre i praksis, og kjente verdier fra vitenskapelig litteratur er ikke målt under norske forhold. I dette prosjektet har vi undersøkt om konsentrasjonen av total-C i gjødsla reduseres over tid under lagring, som en følge av karbontapet. I så fall kunne man estimere karbontap fra gjødsellagring ved å måle C-konsentrasjonen i fersk og lagret gjødsel.

Tabell 5.2 Innhold av total karbon (C) og nitrogen (N) i tørr, finmalt gjødsel, i %, tørrstoff (gjennomsnitt av tre parallelle målinger per dato), og vekttap fra dato til dato.

Dato	Total karbon (tot-C), % av TS	Total nitrogen (tot-N), % av TS	Tørrstoff, %	Vekttap i promille per dag i perioden
15. februar	42,71	2,16	16,26	-
21. februar	-	-	-	0,16
1.mars A	41,87	2,02	16,62	0,04
1.mars B	42,65	1,86	16,13	
8. mars	41,84	1,92	16,08	0,08
15. mars	41,78	1,87	15,91	0,05
28. mars	42,15	1,89	16,02	0,35
25. juli	39,92	2,07	16,00	4,45

De to TS-målingene fra 1. mars ble gjort for å se om det var større variasjon mellom parallelle TS målinger når man rørte rundt med en plankebit, eller med mørtelmikseren. Noe overraskende var det ikke mindre variasjon etter røring med mørtelmikseren. Med plankebit varierte prøvene fra 16,37 til 16,86 % TS, mens med mikseren varierte de fra 15,59 til 16,71 %.

Det var ingen tydelige trender i verdiene for C eller N i løpet av forsøket (Tabell 5.2). Disse resultatene tyder ikke på at det vil være mulig å anslå karbonutslipp fra gjødsellagre, og eventuell reduksjon av disse gjennom biogassbehandling av gjødsla, ved å måle innholdet av total C alene. Vekttapet indikerer imidlertid at karbon er omdannet fra fast stoff til gass i løpet av forsøket, og nedgangen i ammoniumkonsentrasjon (Tabell 5.1) indikerer at nitrogen er tapt som ammoniakk. Mineraler som fosfor, kalium, kalsium og magnesium omdannes ikke fra fast stoff til gass ved de temperaturene som gjaldt i dette forsøket. Forholdet mellom karboninnholdet i gjødsla og disse mineralene kan derfor brukes til å beregne karbontapet. Karboninnholdet ble omregnet fra % av TS til g per kg: Start 15.2 15,5 % TS og 42,71 % C i TS gir 6,62 g C per kg gjødsel ved start. Avslutning 17 % TS og 39,92 % C i TS gir 6,79 g C per kg gjødsel ved avslutning.

Forholdstallene (Tabell 5.3) viser at det må ha vært et tap av karbon gjennom perioden. Endringen i forholdstallet for C/P er lavere enn endringene i forholdet C/Ca, C/K og C/Mg. Dette kan skyldes at P i sterkere grad enn K, Ca og Mg inngår i organiske forbindelser. Hvis vi antar, basert på tallene i tabell 5.3, at 12 % av karbonet gikk tapt som gass i dette lagringsforsøket ble det tapt $12 \times 6,62 \text{ g} / 100 = 0,79 \text{ g}$ per kg gjødsel. Hvis 60 % av dette gasstapet skyldtes metan, er det tapt $0,6 \times 0,79 = 0,474 \text{ g CH}_4\text{-C}$ per kg gjødsel som var i stampen ved starten av forsøket. Per dag utgjør dette 8,62 mg. Til sammenlikning ble det i en svensk undersøkelse (Rohde m fl 2008, s. 47) funnet tap av CH₄-C på 0,2 -3,5 mg per døgn ved utendørs lagring uten omrøring i perioden begynnelsen av mars til midt i juni. Når

våre tall er en del høyere kan det skyldes at vi hadde jevnlig omrøring, og en høyere gjennomsnittstemperatur siden stampen sto innendørs. Vår undersøkelse var særdeles enkel sammenliknet med Rohde m fl. (2008), som målte metanutslippene jevnlig. De grovt sett sammenliknbare resultatene peker i retning av at metanutslipp faktisk kan anslås ved hjelp av forholdet mellom karbon og mineraler i husdyrgjødsel.

Tabell 5.4. Forhold mellom karbon (omregnet fra % av TS til g per kg) og mineralene fosfor, kalium, kalsium og magnesium målt i g per kg, i gjødsel fra start og avslutning av lagringsforsøk med husdyrgjødsel, samt endring gjennom perioden.

Forhold karbon/mineral	Start 15.2.	Avslutning 25.7	Endring i prosent
C/P	4,14	3,77	-8,88
C/K	1,50	1,31	-13,26
C/Ca	2,65	2,34	-11,63
C/Mg	7,12	6,17	-13,33

6. Konklusjon

Med de mengdene blautgjødning som er tilgjengelig på de tre gårdene som er beskrevet i denne rapporten, og forutsatt et metantap på 7 kg per tonn gjødning per år, vil utslippene være 2,5 tonn på Tingvoll, 4,1 tonn på Skjetlein og 22,1 tonn på Mære. Hvis biogassanlegg installeres på alle disse gårdene, og slik behandling av husdyrgjødsel kan redusere metanutslippene med 50 %, vil belastningen på klimaet reduseres med ca. 14 tonn CH₄, noe som tilsvarer 301 tonn CO₂ årlig.

Med unntak av svinergjødsel var karboninnholdet 40-45 % av TS. Dette er en betydelig variasjon, hvis man skal bruke forskjellen i forholdet mellom C og mineraler i fersk gjødning og etter biogassbehandling som et mål for reduksjon i utslippet av metan fra gjødning under lagring. Prøvene som veies inn til analyse av totalt karbon er forsvinnende små sammenliknet med størrelsen på et gjødsellager. Med fôrrester, strø, skorpedannelse under lagring og andre ting som varierer er husdyrgjødsel lite homogent, og det vil være en stor utfordring å ta ut prøver som er tilstrekkelig representative. Undersøkelsen i dette prosjektet viste imidlertid at det lar seg gjøre å påvise karbontap under lagring ved hjelp av forholdet mellom total C og mineraler, og metoden bør kunne prøves ut i større skala.

I første omgang er det interessant å gjøre dette ved Tingvoll gard, der biogassanlegget er installert og det legges opp til et detaljert registreringsprogram.

7. Litteratur

Amundsen, C.E., Linjordet, R. & Haraldsen, T.K. 2012. Miljøgifter i restprodukter fra fiskeoljeindustrien. Vurderinger ved bruk i biogassanlegg. Bioforsk Rapport Vol. 7 No. 35. Bioforsk Økologisk, Tingvoll.

Landbruks- og matdepartementet (LMD) 2009: Klimautfordringene - landbruket en del av løsningen. St.meld. nr. 39 (2008-2009). Tilgjengelig på <http://www.regjeringen.no/pages/2196816/PDFS/STM200820090039000DDDPDFS.pdf> Sett 13.2.2012.

Løes, A.-K., Kvande, I., Tronsen, K. & Holvik, M. 2012. System for innmating av tilleggssubstrat i biogassreaktor. Bioforsk Rapport Vol. 7 No. 33. Bioforsk Økologisk, Tingvoll.

Miljøverndepartementet (MD) 2007: Norsk klimapolitikk. St.meld. nr. 34 (2006-2007). Tilgjengelig på <http://www.regjeringen.no/pages/1988897/PDFS/STM200620070034000DDDPDFS.pdf> Sett 13.2.2012.

Møller, H.B., Sommer, S.G. & Ahring, B.K. 2002. Separation efficiency and particle size distribution in relation to manure type and storage conditions. Bioresource Technology vol. 85, p. 189-196.

Nesheim, L., Dønnem, I. & Daugstad, K. 2011: Mengd utskilt husdyrgjødsel - vurdering av normtal. Gjennomgang av norske og utanlandske tal for utskiljing av husdyrgjødsel og næringsstoff. Bioforsk Rapport Vol. 6 Nr. 74. Tilgjengelig på <http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/90025/SLF%20mengd%20giodsel%20rapport.pdf> Sett 13.2.2012.

Rohde, L., Ascue, J., Tersmeden, M., Ringmar, A & Nordberg, Å. 2008. Växthusgasemissioner från lager med nötflytgödsel. JTI-rapport Lantbruk & Industri 320. Tilgjengelig på <http://www.jti.se/uploads/jti/r-370-lr-2.pdf> . Sett 13.2.2012.

Ward, A. 2012. Biogas potential of soapstock and bleaching earth. DCA- Danish Centre for Food and Agriculture, Aarhus University, Denmark. DCA Report no 004, 2012.