

MÅNEGRISEN

PARTNERSKAB OM FREMTIDENS BÆREDYGTIGE OG EFFEKTIVE SVINESTALDE

HUSDYRGØDNING FRA SLAGTESVIN OG DENS HÅNDTERING UDEN FOR STALDEN

Martin Nørregaard Hansen og Peter Kai, Teknologisk Institut
Henrik B. Møller, Aarhus Universitet

24.06.2016

INSTITUTIONER
I NETVÆRKET:



AgroTech*



Dansk
Agroindustri



Notatet er udarbejdet i regi af månegris netværksprojekt, som er støttet af Grønt Udviklings- og Demonstrations Program, GUDP under Fødevareministeriet.



MÅNEGRISEN

Månegrisen er et offentlig-privat-partnerskab – med deltagelse af flere ministerier, partnere fra erhvervet, interesseorganisationer og videninstitutioner – igangsat af Fødevareministeriet i december 2012.

Visionen er at ophæve modsætningen mellem udvidelse af svineproduktionen og hensyn til miljø, klima og dyr. Målet er via nye teknologiske løsninger at opføre en modelstald, som sikrer en rentabel produktion af svin med minimal belastning af miljø, klima, dyr og omgivelser. Stalden forventes stå færdig i 2017.

Månegris netværksprojekt

GUDP har støttet månegris netværk, bestående af 8 videninstitutioner og interesseinstitutioner, der alle besidder væsentlige og relevante ressourcer i og omkring udvikling af den danske slagtesvineproduktion.

Idéen med samarbejdet er at tænke og udrede innovative teknologiske løsninger, som både er rentable og samtidig kan indgå i fremtidens moderne konkurrencedygtige svinestald. Sigtet er – ud over minimal belastning af miljø, klima og – et styrket fokus på dyrevelfærd, dyresundhed, arbejdsmiljø samt effektiv ressourceudnyttelse, herunder udnyttelse af gyllen som en ressource.

Output af netværkssamarbejdet er en række notater med konkrete løsningsforslag samt forslag til nye emner, der har behov for yderligere udredning, før løsningsforslag kan implementeres genereret.

Netværket består af følgende institutioner:

- SEGES Videncenter for Svineproduktion (VSP)
- Teknologisk Institut, AgroTech
- Københavns Universitet, Department of Large Animal Science (KU)
- Dansk Agroindustri
- Aarhus Universitet, Institut for Ingeniørvidenskab samt Institut for Husdyrvidenskab (AU)
- Teknologisk Institut, Danish Meat Research Institute (DMRI)
- Danmarks Teknologiske Universitet, Veterinærinstituttet (DTU)
- Agro Business Park

HUSDYRGØDNING FRA SLAGTESVIN OG DENS HÅNDTERING UDEN FOR STALDEN

Martin Nørregaard Hansen og Peter Kai, Teknologisk Institut
Henrik B. Møller, Aarhus Universitet

INDHOLD

Baggrund	4
Formål.....	4
Definition af husdyrgødning	4
Gylle.....	4
Dybstrøelse	4
Fast staldgødning og ajle	5
Udviklingen i husdyrgødningens håndtering og udnyttelse.....	5
Håndterings- og udnyttelsessystemer i relation til Månegrisstalden.....	6
Referencestald og -gødningssystem.....	6
Hyppig udslusning	6
Separering.....	9
Køling af gylle	14
Gylleforsuring	15
Innovationsbehov	16
Litteratur	17

Baggrund

Månegrisen er en fremtidsvision om, at miljøhensyn, dyrevelfærd og øget svineproduktion kan gå hånd i hånd. Månegrisen skal give input til fremtidig regulering, som på den ene side imødekommer de miljømæssige udfordringer og på den anden side giver landmændene en større fleksibilitet til at udvide deres produktion. Det kunne f.eks. være en regulering, hvor der er øget fokus på udledning til omgivelserne end på antal dyr i stalden. Månegrisen skal demonstrere, at det er muligt at integrere måleudstyr i staldene og derved regulere svineproduktionen i henhold til dens output frem for input.

En målsætning med månegrisen er udvikling af ny teknologi, samt opbygningen af en modelstald indrettet med de nyeste teknologier. Formålet med dette er at gøre det muligt at demonstrere, at det er muligt at måle og minimere svineproduktionens belastning af miljø, dyr og omgivelser. Månegrisen forventes derfor at føre til opbygning af et produktionssystem som afviger fra det traditionelle produktionssystem med hensyn til indretning og brugen af miljøteknologier. Denne ændring af produktionssystemet vil få indflydelse på håndteringen af husdyrgødning og dets muligheder for udnyttelse udenfor stalden.

Formål

Formålet med rapporten er at beskrive:

- muligheder for håndtering af husdyrgødning udenfor månegrisstalden
- innovationsemner samt deres prioritering
- innovationsbehov, samt en plan for deres videreudvikling.

Definition af husdyrgødning

Husdyrgødning består af en blanding af fæces, urin, spildt drikkevand, vaskevand, foderrester samt strøelse. I praksis kan husdyrgødning groft opdeles i følgende tre kategorier: gylle, dybstrøelse, samt fast staldgødning og ajle. De tre typer vil kort blive beskrevet i det følgende.

Gylle

Gylle fra slagtesvin består hovedsageligt af fæces, urin og vaskevand. Strøelsesindholdet er lavt, hvilket betyder, at tørstofindholdet er lavt - typisk omkring 5 %. Staldsystemer baseret på gyllehåndtering har i de seneste årtier vundet indpas i husdyrproduktionen og i dag håndteres langt den overvejende del af husdyrgødningen fra slagtesvin som gylle. Gyllen opsamles og lagres normalt i en periode i gyllekanaler under stalden. Opholdstiden afhænger af gødningssystemets indretning og udmugningsfrekvens, men det er normalt, at gyllekanalerne tømmes to gange i løbet af et produktionsforløb på ca. 12 uger, dvs. efter ca. 6 uger, og når stalden er tømt for svin. Efter udslusning lagres gyllen normalt i op til 9 måneder, hvorefter den benyttes som gødning i planteproduktionen. Hovedparten af gyllen udbringes i forårsperioden enten forud for planteetablering eller til etablerede vintersædsafgrøder eller græsarealer.

Dybstrøelse

Dybstrøelse består af en blanding af fæces og urin iblandet en betydelig mængde strøelse i form af halm eller lignende, hvorved dybstrøelsen får et langt højere tørstofindhold og derfor håndteres og lagres i fast form. Dybstrøelse er husdyrgødning som har henlagt i stalden i ca. 3 måneder. Dybstrøelse kan benyttes som biomasse i forbindelse med biogasproduktion, men hovedparten af dybstrøelse benyttes i dag som gødning i forbindelse med planteproduktion. Dybstrøelse udbringes og nedmuldes før planteetablering.

Fast staldgødning og ajle

Fast staldgødning består ligesom de øvrige husdyrgødningstyper af fæces, strøelse, spildte foderrester samt en vis mængde urin. Ajlen består af urin, drikkevandsspild, vaskevand og vil desuden indeholde en vis mængde fæces og strøelse. I forbindelse med lagringen af fast staldgødning sker der normalt en passiv afdræning af væskefraktionen, som separeres fra og lagres som ajle. Såvel ajle som fast staldgødning lagres normalt i mellem tre og ni måneder før udnyttelse som gødning i planteproduktionen. Fast staldgødning udbringes og nedmuldes normalt før planteetablering, mens ajlen normalt udbringes enten forud for planteetablering eller til etablerede vintersædsafgrøder eller græsarealer.

Ved separering af gylle dannes der en fast fraktion og en eller flere væskefraktioner. Disse fraktioner minder i struktur om fast staldgødning og ajle og håndteres og lagres i praksis normalt på samme måde som disse.

Udviklingen i husdyrgødningens håndtering og udnyttelse

Fast staldgødning og ajle var indtil midten af det forrige århundrede den mest udbredte husdyrgødningsform. I løbet af 60'erne overgik håndteringen gradvist mere og mere til gyllebaserede systemer. Årsagen til overgangen vurderes at være introduktionen af nye effektive gyllepumpe- og transportsystemer, samt at gyllesystemer som udgangspunkt er mindre arbejdskrævende og har lavere investerings- og vedligeholdelseskrav end mekaniske staldgødningsystemer.

Stigende fokusering på dyrevelfærd og reduktion af etableringsomkostning førte i løbet af den sidste del af det forrige århundrede til stigende udbredelse af dybstrøelsessystemer. Dybstrøelsessystemer blev i sær udbredt i forbindelse med kvæg og heste, mens det kun i mindre omfang vandt udbredelse i forbindelse med svineproduktion. Senere lovkrav om løsgående søer har dog i et vist omfang ført til dybstrøelsessystemer, mens produktionen af smågrise og slagtesvin stort set finder sted i staldsystemer, hvor husdyrgødningen håndteres som gylle.

Langt den overvejende andel af den producerede husdyrgødning udnyttes i dag som tidligere som gødning i planteproduktionen. Husdyrgødning har et højt indhold af essentielle plantenæringsstoffer, og udnyttelsen af husdyrgødning i planteproduktionen sikrer en effektiv genanvendelse af husdyrgødningens næringsstofindhold. Husdyrgødningen har desuden et højt indhold af organisk stof som er med til at sikre fastholdelsen af landbrugsjordens humusindhold og struktur og dermed frugtbarhed.

En stigende andel af den producerede husdyrgødning udnyttes dog som substrat til biogasproduktion, hvorefter den afgassede gylle udnyttes som plantenæringsstof i planteproduktionen. I dag udnyttes mellem 5 og 7 % af den samlede danske produktion af husdyrgødning i biogasproduktionen (Birkmose et al., 2013). Frem mod 2020 er det en politisk målsætning, at op mod 50 % af husdyrgødningen i Danmark skal udnyttes til energiproduktion. Hovedparten af denne energiproduktion forventes dækket af biogasproduktion. Der er derfor forventning om, at en stigende andel af den samlede husdyrgødningsproduktion i fremtiden vil blive udnyttet til biogasproduktion.

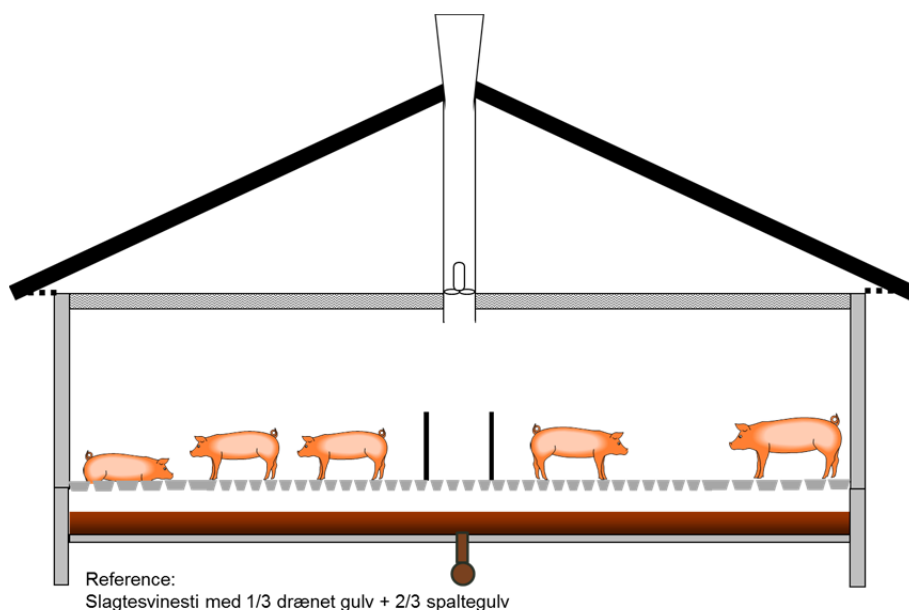
Udnyttelse af husdyrgødningens energiindhold ved forbrænding og forgasning finder i dag kun sted i meget begrænset omfang. Udvikling og udnyttelse af teknologierne er dels begrænset af et afgiftssystem og af omfattende krav til dokumentation af teknologiernes miljøeffekter. Teknologierne fører desuden i større eller mindre omfang til tab eller fastlægning af husdyrgødningens kulstof- og næringsstofindhold, hvilket reducerer muligheden for at recirkulere husdyrgødningens kulstof- og næringsstofindhold (Birkmose T., 2009). Ovennævnte, samt teknologiske og miljømæssige udfordringer forbundet med forgasnings- og forbrændingsteknologierne har betydet at disse teknologier stort set ikke benyttes i dansk landbrug.

Håndterings- og udnyttelsessystemer i relation til Månegrisstalden

En af månegrisprojektets målsætninger er udvikling af ny teknologi, samt opbygningen af en modelstald indrettet med de nyeste teknologier. Formålet med dette er at gøre det muligt at demonstrere, at det er muligt at måle og minimere svineproduktionens belastning af miljø, dyr og omgivelser. Månegrisprojektet forventes derfor at føre til nye teknologier og nye måder at håndtere og udnytte staldens husdyrgødning. De endelige teknologityper og håndteringsmetoder er endnu ikke fastlagt, men der eksisterer en række teknologier, som vil påvirke håndteringen og udnyttelsen af husdyrgødningen udenfor månegrisstalden. Disse er kortfattet beskrevet i det følgende.

Referencestald og -gødningssystem

For sammenligningens skyld anvendes der i dette notat en referencestald, hvor stierne er indrettet med 1/3 drænet og 2/3 spaltegulv, og hvor hver gyllekumme går på tværs af stalden, således det samlede gylleareal er næsten det samme som staldarealet, idet også arealet under inspektionsgangen anvendes til gylleopbevaring. Dybden af gyllekummerne er typisk 45-60 cm og tillader opbevaring af gylle i op til ca. 6 uger. Ved almindelig drift tømmes gyllekummerne efter 6 uger og igen, når grisene er sendt til slagteriet. Det store gylleareal bevirker, at ammoniakemissionen fra denne staldtype er relativt høj, ligesom den store kapacitet og dermed lagringstid bevirker, at lugt- og drivhusgasemissionerne er relativt store. Dette påvirker gyllens sammensætning og egenskaber.



Figur 1. Referencestald med hhv. drænet gulv i 1/3 og spaltegulv i 2/3 af grisenes rådighedsareal. Gyllekummerne er 40-60 cm dybe og har en kapacitet på ca. 6 ugers gylleproduktion. Gyllesystemet er af typen rørudslusning med en prop pr. gyllekumme. Gyllen ledes til en ekstern pumpebrønd og videre derfra til enten en gyllebeholder eller transporteres til et biogasanlæg.

Hyppig udslusning

Hovedparten af det kvælstof, som pattedyr udskiller, afsættes med urinen i form af urea. For grise udgør kvælstof afsat med urinen mellem $\frac{2}{3}$ og $\frac{3}{4}$ af den samlede udskilte mængde kvælstof. Ved kontakt mellem urea og enzymet urease, der produceres af mikroorganismer i bl.a. den udskilte fæces, hydrolyseres urinstoffet til ammonium (NH_4^+), karbonat og vand. Denne proces finder sted indenfor få timer efter udskillelsen. Afhængig af de fysiske forhold i gyllen såsom pH-værdi og temperatur vil en andel af det dannede ammonium blive omdannet til ammoniak, som efterfølgende kan fordampe fra gyllens overflade og således føre til

ammoniakfordampning. Der sker derfor en løbende fordampning af ammoniak fra den gødning der opbevares.

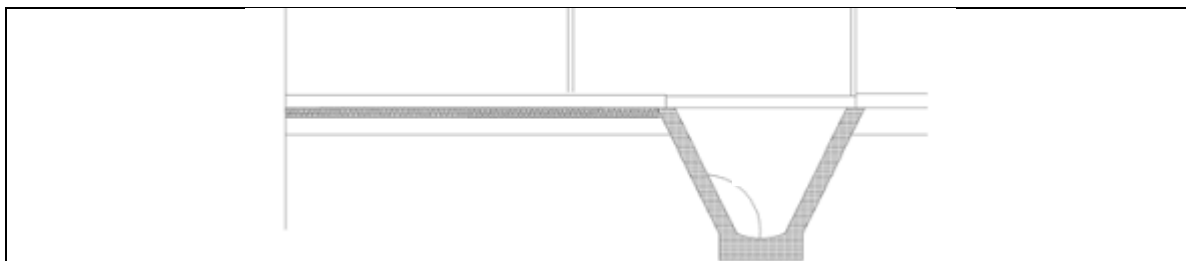
Fordampningen af ammoniak afhænger som nævnt af en række faktorer, hvor bl.a. temperaturen er vigtig. Det har derfor betydning om gyllen opbevares under stalden eller i udendørs lagre, hvor temperaturforholdene som hovedregel er lavere end i staldlageret, og hvor der er mulighed for at overdække gyllelageret og derved begrænse potentialet for ammoniaktab. Hyppig udslusning af gylle har derfor potentiale til at reducere ammoniaktabet.

Gylle under slagtesvin udsluses normalt kun to gange i løbet af en produktionsperiode på ca. 12 uger. Årsagen er bl.a. at det mest gængse gyllesystem, rørudslusning, kræver en vis mængde oplagret gylle for at sikre en effektiv tømning af gyllekummerne, så der ikke ophobes slam i kummerne. Forsøg har dog vist, at det er muligt at tømme gyllekummer under stier med 1/3 drænet gulv og spaltegulv hver uge uden akkumulering af slam i bunden af kummerne (Johanssen, 2011 & 2013). Forsøgene viste, at lugtemissionen fra stalde med drænet gulv kan reduceres med ca. 20 %, når der praktiseres udslusning af gylle hver uge i stedet for hver 6. uge. Effekten var størst målt dagen efter udslusning og aftog i dagene efter.

Hyppig udslusning kræver derfor normalt et tilpasset gyllesystem. I det følgende vil der blive beskrevet en række forskellige systemer målrettet et hyppigere udslusningsinterval.

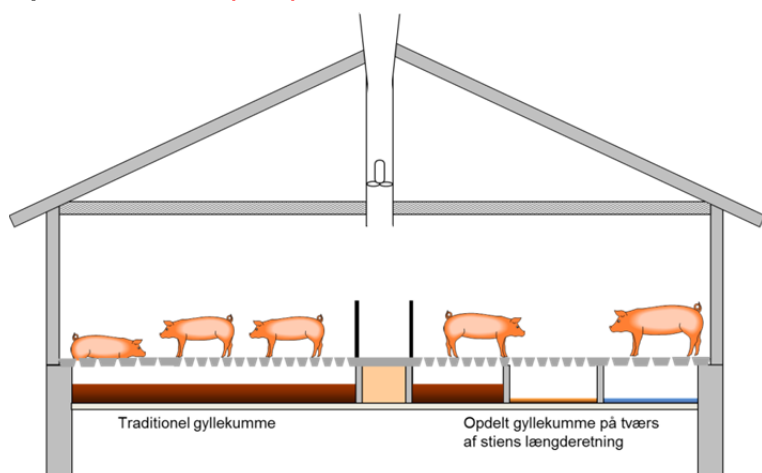
V-kanaler

En V-kanal er et gyllekanaltype som sikrer et lavere overfladeareal af den lagrede gylle og som tillader hyppigere udslusning af gylle end traditionelle gyllekanaler (Figur 2).



Figur 2. Skematisk fremstilling af en V-kanal. Den V-formede udformning reducerer gyllens overfladeareal og muliggør hyppigere udslusning af den oplagrede gylle.

Opdelte kummer (PEK)



Skrabning af kanalbund

En anden måde at sikre hyppig udslusning af gylle fra staldsystemer er via brug af skraber-systemer i kanalen. Dette kan eksempelvis gennemføres med linespilsanlæg som kan sikre en effektiv hyppig udslusning (Figur 3).



Figur 3. Eksempel på et linespilsanlæg til hyppig udslusning af gyllekanaler. Linespilsanlægget trækker gyllen til en tværkanal, hvorfra den pumpes til udendørs-lager.

Hyppig udslusnings indflydelse på udnyttelsen af gyllen udenfor stalden

Ved hyppig udslusning reduceres lagringstiden før gyllen kan udnyttes. Dette har flere implikationer.

Hyppig udslusning har mindre betydning, hvis gyllen udnyttes som gødning i planteproduktionen. Et lavere ammoniaktab i stalden vil dog alt andet lige øge gyllens kvælstofindhold, hvorfor gødningsværdien forøges. Den præcise ammoniakreducerende effekt af hyppig udslusning af gylle i slagtesvinestalde kendes ikke. SEGES Videncenter for Svineproduktion har dog i en undersøgelse ikke fundet ammoniakreducerende effekt af ugentlig udslusning af gylle under slagtesvin (Jonasen, 2011, 2013). Miljøstyrelsen har derfor valgt at fastlægge ammoniakeffekten af hyppig udslusning af gylle under slagtesvin til 0 på styrelsens vejledende teknologiliste (Miljøstyrelsen, 2015). Hyppig udslusning af gylle vil derfor ikke i væsentlig grad påvirke bedriftens arealkrav og fordeling af gyllens fosfor og kvælstofindhold hvis gyllen udnyttes som gødning i planteproduktionen.

Hyppig udslusning har derimod betydelig indflydelse på gyllens værdi som substrat i forbindelse med afgang i biogasanlæg. I forbindelse med gyllens lagring sker der en løbende omsætning af gyllens organiske indhold, hvilket reducerer gyllens indhold af let omsættelige organiske forbindelser. Gyllens biogaspotentiale øges derfor ved lavere opholdstid i stalden, hvilket øger gyllens værdi som biogassubstrat. Forsøg ved

Aarhus Universitet har således vist at der kan ske betydelig metantab inden gyllen leveres til biogasanlæg. Ved sommertemperatur hvor gyllen er over 20 C kan der således tabes 1/3 af af gyllens gaspotentiale på 18 dage. Det tyder på at tabene er størst i slagtesvinegylle. Ved temperatur på 10 C eller derunder er tabet væsentligt lavere og i størrelsen 10 % ved en måneds opholdstid i stalden. Hvis ikke gyllen anvendes til biogasanlæg efterfølgende er metantabet i stald mindre vigtigt da en reduktion i stald ofte vil lede til en næsten tilsvarende stigning i lager.

Tabel 1. Eksempel på effekter af hyppig udslusning af gylle produceret i en slagtesvinestald med en årlig produktion af 1000 slagtesvin (31-107 kg) i et staldsystem med drænet gulv + spalter. I eksemplet udsluses gyllen henholdsvis ca. månedligt (normal udslusning) og ugentligt (Hyppigt). Effekterne er beregnet i henhold til Miljøstyrelsens vurderinger (Miljøstyrelsen, 2015).

Teknologi	N produktion Kg N/år	NH ₃ -N tab stald	NH ₃ -N tab lager	N indhold ab lager	P indhold ab lager	Arealkrav, ha. v 170 kg N/ha.	Kg P pr. ha.	Værdi som biogas- substrat	Lugtre- duktion stald
Normal udslusning	2850	395	50	2405	620	14,2	43,8		
Hyppig udslusning	2850	395	50	2405	620	14,2	43,8	+	+

Separering

Separering af gylle benyttes til at opdele gyllen i en tørstoffraktion og en eller flere væskefraktioner. Gyllen pumpes normalt til separatoren fra fortank eller direkte fra gyllekanallen.

Hovedmålet med gyllesepareringen er normalt at opkoncentrere gyllens næringsstoffer i tørstoffractionen. Hvis denne tørstoffraktion ikke udbringes som gødning på bedriftens egne markarealer, kan husdyrbrugeren opnå en reduktion i kravet til nødvendigt udbringningsareal. Det skyldes, at mængden af kvælstof og fosfor, der udbringes med væskefraktionen på bedriftens marker, er reduceret i forhold til udbringning af den useparerede gylle. Ved separering af svine- og minkgylle gælder desuden, at der kan udbringes mere kvælstof pr. hektar, når der gødskes med væskefraktion, end hvis der blev anvendt usepareret rågylle (Miljøstyrelsen, 2010). Separering er tilsvarende et redskab til at reducere et fosforoverskud og eventuelt opnå fosforbalance i markdriften.

En anden positiv sideeffekt af separering er lettelser i forbindelse med håndtering (omrøring, pumpning og udbringning) af væskefraktionen sammenlignet med håndtering af usepareret gylle, samt en mere kontrolleret og homogen udbringning af gyllens næringsstoffer.

Et andet formål med gylleseparering er at forøge muligheden for at udnytte husdyrgødningens energipotentialer. Separering af gylle skaber en tørstoffraktion som er velegnet til biogasproduktion eller som energikilde i forbindelse med forgasning og afbrænding. For-separering af gyllen på gårdene, betyder at transport af gylle med lavt gaspotentiale over længere afstande kan undgås ved at kun den tørstoffrige fraktion leveres til biogasanlægget. Dette betyder, at "oplandet" til et biogASFællesanlæg kan udvides betydeligt med deraf følgende stordriftsfordele, ligesom gasproduktionen på et givent anlæg vil kunne forøges betydeligt, eftersom gaspotentialet i tørstoffractionen er væsentligt højere end i rågylle. Den valgte separeringsmetode bør vælges efter, at den skal kunne opfylde formålet bedst muligt til den lavest mulige pris. Formålet med for-separeringen på gårdene i relation til biogas er at overføre så stor en andel af gyllens tørstof som muligt til en lille tørstoffrig fraktion, således at så meget som muligt af gyllens biogaspotentiale bevares. Hertil har flokkulering med polymerer med efterfølgende afvanding vist sig mest velegnet, da op mod 80 % af gyllens tørstof vil være til stede i den faste fraktion. Dekanter centrifuger har i den forbindelse vist sig mindre effektive med en separerings effektivitet på ca. 60 %.

Separering af gylle muliggør ligeledes afbrænding af husdyrgødning som blev tilladt ved en lovændring pr. 1. august 2006. Kvælstof og "dyreenheder" i den afbrændte gødning kan fratrækkes fuldt ud i gødningsregnskabet på linje med afsætning til f.eks. naboer. Der er perspektiver i afbrænding i forhold til en efterfølgende afsætning af lokale og regionale overskud af næringsstoffer. Dertil kommer, at ammoniakfor-dampning og lugtgener reduceres. Disse problemer kan løses samtidig med udnyttelse af gødningens indhold af energi. På trods af et stort potentiale sker afbrænding af husdyrgødning stort set kun sket på forsøgsbasis.

Separering, specielt ved højteknologiske metoder, kan desuden føre til produktion af gødningsstoffer, som kan anvendes tilsvarende som handelsgødning i planteproduktionen.

Separeringen kan gennemføres ved brug af forskellige separeringsteknologier. I praksis deler man disse op i lavteknologiske og højteknologiske teknologier. Disse vil kort blive beskrevet i det følgende.

Lavteknologisk separation

Ved et lavteknologisk gyllesepareringsanlæg forstås et anlæg, hvor de næringsstoffrige fraktioner tilsammen skal indeholde mere end 20 pct. af gyllens kvælstof og mere end 60 pct. af gyllens fosfor, og hvor disse fraktioner (koncentraterne) har en gennemsnitlig koncentration, mængdevægtet af kvælstof og fosfor, der for både kvælstof og fosfor er mindst 1,5 gange højere end koncentrationen i den ubehandlede gylle. Et lavteknologisk separationsanlæg fører normalt til dannelsen af én væskefraktion og én tørstoffraktion.

Lavteknologisk separering gennemføres normalt ved brug af skruepresse-, sigte- eller dekantersepareringsteknologier. De forskellige systemer har forskellig udformning og separeringseffekt. En kort beskrivelse af et skruepresseanlæg vil indgå som eksempel på et lavteknologisk anlæg.

Ved separering i et skruepresseanlæg kan gyllen først ledes gennem en sigte, hvor hulstørrelsen normalt ligger på 0,25-3,0 mm. Herefter afvandes tørstoffractionen yderligere ved hjælp af en mekanisk presning. Ved at anvende sigter med forskellige hulstørrelser, og ved at justere hvor hårdt tørstoffractionen skal presses, kan skruepressen i nogen grad tilpasses brugerens ønsker til hvor fine partikler, der skal separeres fra, og hvor høj tørstofprocenten skal være i den faste fraktion. Effektiviteten af separering kan forøges ved tilsætning af additiver der sikrer en højere separeringseffektivitet (Møller et al., 2003).

Væskefraktionen efter separeringen pumpes typisk til en overdækket lagertank eller gyllelagune. Tørstoffractionen føres fra skruepressen til en container, vogn eller lagerhal med henblik på efterfølgende transport væk fra husdyrproduktionen.

Skruepresser leveres både som fastinstallerede anlæg og som mobile anlæg, der kan anvendes til separering af gylle på flere ejendomme.

Højteknologisk separation

Ved et højteknologisk gyllesepareringsanlæg forstås et anlæg, hvor de næringsstoffrige fraktioner (koncentraterne) tilsammen skal indeholde mere end 70 pct. af gyllens kvælstof og mere end 70 pct. af gyllens fosfor, og hvor disse fraktioner (koncentraterne) har en gennemsnitlig koncentration, mængdevægtet af kvælstof og fosfor, der for både kvælstof og fosfor er mindst 2,5 gange højere end koncentrationen i den ubehandlede gylle. Ved brug af et højteknologisk anlæg produceres der udover den faste fraktion normalt to eller flere væskefraktioner.

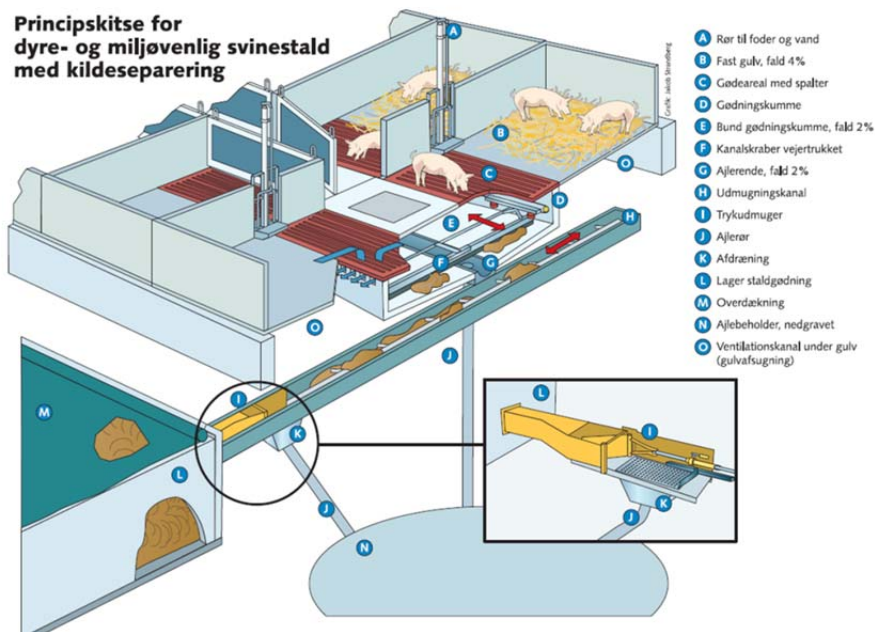
Ved højteknologisk gylleseparering opkoncentreres den flydende del af gyllens volumen til et kvælstof- og evt. et kaliumkoncentrat. Denne opkoncentrering kan ske med flere forskellige teknikker, såsom inddampning, stripning og membranfiltrering. En af grundideerne i højteknologisk gylleseparering er, at en stor andel af gyllens næringsstoffer kan udnyttes optimalt og ikke tabes som ammoniak ved udbringning, da dette reducerer gødningens værdi som planteernæring, samtidig med at ammoniakfordampning påvirker vandmiljøet og sårbare naturområder negativt.

Omkostningerne og de tekniske udfordringer er højere ved højteknologisk gylleseparering end ved de lavteknologiske systemer. Dette har betydet at udbredelsen af højteknologisk separering er meget begrænset i dansk landbrug i dag.

Kildeseparering

Ved kildeseparering forstås et gødningsanlæg integreret i stalden som holder den udskilte fæces og urin adskilt i to fraktioner. Der er pt. udviklet to typer anlæg, dels en Perstrup Kildestald, som er etableret i praksis og et båndsepareringsanlæg, som i DK kun har været udviklet og undersøgt forsøgsvis på Forsøgsstationen Rugballegaard.

Perstrup Kildestalden er indrettet med ca. 2/3 fast gulv, mekanisk udmugning ved hjælp af et linespilsanlæg, samt delvis gulvudsugning under spaltegulvet. Stalden er to-rækket, hvor spaltegulvet (gødeområdet) er lokaliseret op inspektionsgangen. Bunden af skrabekanalerne på begge sider af inspektionsgangen hælder svagt mod inspektionsgangen, idet der centreres under denne er lokaliseret en ajlerende med dertil hørende faldrør for hver sti med henblik på løbende fjernelse af ajlen fra kanalen til en ekstern beholder, mens den faste gødning tilbageholdes og fjernes mekanisk ved hjælp af linespilsanlægget. Systemet tillader anvendelse af strøelse i større mængde end konventionelle gylleanlæg.



Figur 4. Principskitse af Perstrup Kildestald.

Ved båndseparering indsættes der et transportbånd eller -net under spaltegulvet i stierne. Båndet har to funktioner, dels etableres transportbåndet med fald således, at ajlen drænes væk kontinuerligt, dels kan transportbåndet rengøres effektivt i forbindelse med tømning. Båndsepareringen bevirker således, at ammoniak-, lugt- og metanemissionerne fra stalden reduceres betydeligt sammenlignet med en tilsvarende stald med samme gulvprofil med gyllesystem. Båndsepareringen tillader, at den faste gødning kan fjernes flere gange dagligt, hvorved gødningens tørstofindhold bevares med deraf følgende højt biogaspotentiale. Følgende separationseffektiviteter er fundet

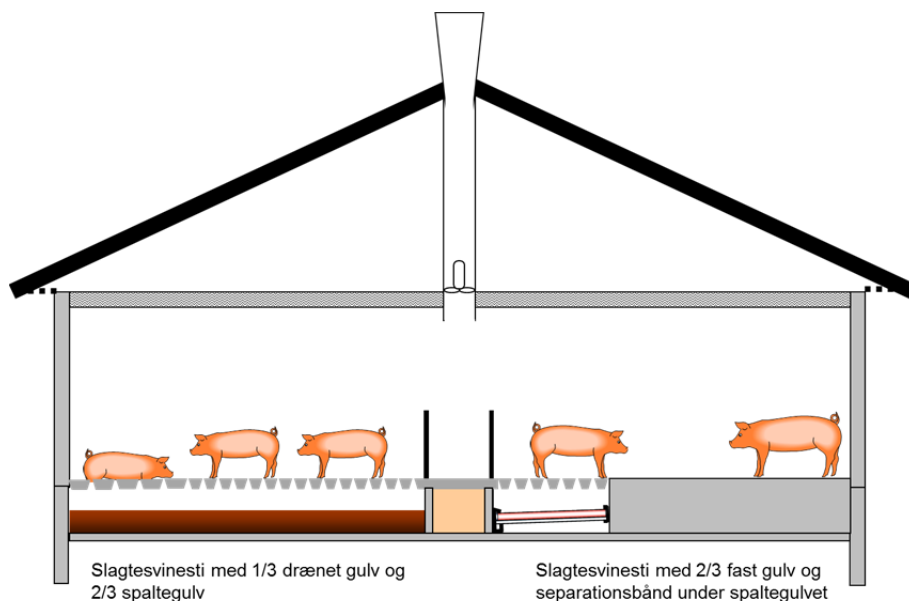
Separationsmetode	Indhold i fast fraktion (% af total)			
	Masse	Tørstof	Nitrogen	Fosfor
Sedimentation	22	56	33	52
Centrifugering	14	61	28	71
Dræning	23	44	27	34
Filtrering under tryk	11	37	15	17
Flokkulering og efterflg. separering	22	70	43	79
Kildeseparering	50	93	65	95

Figur 5. Separationseffektivitet for forskellige gødningsparametre og separationsteknikker.

Forsøgsdata viser, at kildeseparering med gødningsbånd i modsætning til Perstrup Kildestalden giver ammoniak- og lugtreduktion. Forsøg har vist 30 % ammoniakreduktion og 50 % lugtreduktion sammenlignet med samme gulvprofil (2/3 fast gulv) med gyllesystem. Separationsmålinger har vist, at 91 % af den udskilte mængde tørstof og 95 % af den udskilte mængde organisk tørstof ender i den faste fraktion. Forsøg har vist, at mere end 95 % af gyllens oprindelige metanpotentiale kan genfindes i den faste fraktion, samtidig med at metanudbyttet stiger fra ca. 14 m³ metan pr. ton rå svinegylle til ca. 54 m³ metan pr. ton i den faste fraktion fra kildeseparering (Møller og Kai, 2009).

Til ulemperne hører, at båndseparering vurderes at være dyrere at etablere og vedligeholde end et traditionelt gyllesystem. Da der samtidig finder en separering sted i en kildestald, bør en prissammenligning dog retfærdigvis foretages således, at der som minimum inddrages omkostninger til mekanisk separering af gyllen i omkostningerne for referencestalden. Ligeledes vil implementering af transportbånd i stalde kræve overvejelser omkring smittebeskyttelse, idet fjernelsen af den faste gødning fra stalden typisk finder sted via en luge med et relativt stort åbningsareal, som kan medføre utilsigtet luftindtag og adgang for skadedyr og smittekim. Det er uvist hvor bredt transportbåndet kan være og stadig være driftssikkert.

Båndseparering er implementeret i praksis i en slagtesvinestald i Holland samt i en drægtighedsstald i Quebec i Canada. Besætningen i Quebec havde etableret båndseparering med henblik på overholdelse af krav til maksimal grænse for udledning på fosfor på markerne. Den faste fraktion blev således eksporteret til en naboregion.



Figur 6. Skitse af slagtesvinesti med delvist fast gulv og separeringsbånd under spaltegulvet t.h. T.v. ses en traditionel slagtesvinesti med drænet gulv og spaltegulv samt gyllekumme i hele stiarealet.

Separeringens effekt på udnyttelsen af gyllen udenfor stalden

Separering har betydelig effekt på mulighederne for alternativ udnyttelse af gyllen. De dannede faste fraktioner har via et højere indhold af næringsstoffer og organiske forbindelser højere værdi end usepareret gylle, hvilket betyder, at de kan benyttes som energi- og gødningssubstrater.

Fiberfraktionen kan således udnyttes som substrat i forbindelse med biogasproduktion. Denne udnyttelse finder dog stadig kun sted i begrænset omfang i Danmark. Fiberfraktionen kan tilsvarende markedsføres som gødningssubstrat til private haver, parker og væksthuse og har været forsøgt udnyttet som et alternativ til spagnum i væksthusektoren. Tilsvarende er der gennemført undersøgelser af muligheder for at producere en fosforgødning på baggrund af fiberfraktionens høje fosforindhold. Generelt gælder det dog, at den faste fraktion ikke har nogen egentlig salgsværdi (Jakobsen et al., 2002). Landmændenes incitament for at investere i gylle separeringsanlæg er derfor primært muligheden for billigere at kunne eksportere et evt. fosforoverskud fra bedriften, samt at undgå investering i ekstra landbrugsareal til at opfylde harmonikrav (Jakobsen et al., 2002).

Fiberfraktionen kan alternativt afbrændes eller forgasses til energiformål. Denne udnyttelse er dog belagt med en relativ høj affaldsafgift, samt høje krav til kontrol af emissionspåvirkning, hvilket i praksis reducerer interessen for denne udnyttelsesform (Petersen & Sørensen, 2007).

Væskefraktionen produceret ved brug af lavteknologiske anlæg håndteres, lagres og udnyttes primært på samme måde som ikke separeret gylle. Væskefraktionen har dog et lavere tørstofindhold som sikrer en hurtigere nedsivning i jordfasen, hvilket begrænser ammoniaktab og lugtgener ved gyllens udbringning (Hansen et al., 2004, Hansen et al., 2008). Separering af gylle kan derfor være en velegnet metode til at begrænse ammoniaktab og lugtgener forbundet med gyllens udbringning.

Forudsat at den næringsstofrige fiberfraktion eksporteres væk fra bedriften har separering betydelig indflydelse på bedriftens arealkrav og fosforbalance. I praksis er der i dag et arealkrav på 1,4 ha landbrugsjord pr. dyreenhed slagtesvin, svarende til at der må udbringes 140 kg kvælstof pr. ha. landbrugsjord.

Ved separering af svinegylle må der imidlertid udbringes mere kvælstof pr. hektar, når der gødskes med væskefraktion, end hvis der blev anvendt usepareret rågylle. Da en del af den organisk bundne kvælstof opkoncentreres i fiberfraktionen må mængden af kvælstof øges fra 100 til 120 kg kvælstof pr. dyreenhed. Dette betyder at der kan udbringes op til 168 kg kvælstof pr. ha mod normalt 140 kg kvælstof pr. ha i usepareret gylle (Miljøstyrelsen, 2010). Opkoncentreringen af gyllens fosforindhold i fiberfraktionen betyder samtidig, at fosforindholdet i væskefraktionen reduceres betydeligt. Det betyder at selv om tildelingen af kvælstoftildelingen kan øges fra 140 til 168 kg kvælstof pr. ha, vil fosfor tildelingen reduceres markant. Dette har specielt betydning i områder med høje fosfortal og ved tildeling af gylle til landbrugsjord i nærheden af fosforfølsomme habitater.

Tablet 2. Eksempler på effekter af separering af gylle produceret i en slagtesvinestald med en årlig produktion af 1000 slagtesvin (31-107 kg) i et staldsystem med drænet gulv + spalter og for så vidt angår kildeseperering i en stald med 2/3 fast gulv. Separeringseffekterne er beregnet ved separering med henholdsvis skruepresse og dekanter centrifuge. Beregningerne er gennemført ved antagelse af at den fraseparerede fiberfraktion med detn indhold af næringsstoffer eksporteres væk fra bedriften og teknologiernes gennemsnitlige separationseffekt opgivet af Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen, 2010a, Miljøstyrelsen, 2010b,) samt af P. Kai (pers. komm., 2015).

Teknologi	N produktion Kg N/år	NH ₃ -N tab stald	NH ₃ -N tab lager	N indhold ab lager	P indhold ab lager	Arealkrav, ha. v 170 kg N/ha.	Kg P pr. ha.	Værdi som biogas- substrat	Lugtre- duktion stald
Ingen	2850	395	50	2405	620	14,2	43,8		
Skruepresse	2850	395	50	2288	465	13,5	34,6	++	0
Dekanter	2850	395	50	2162	163	12,7	12,8	++	0
Perstrup Kildestald	2850	240	23	891	31	5,2	6	++	0
Kildestald med bånd- separering	2850	168	26	1047	62	6,2	10	++	++

Køling af gylle

Formålet med gyllekøling er at udnytte varmpotentialet i den lagrede gylle og samtidig reducere gyllens miljøpåvirkninger.

Gyllekøling kan både anvendes i stalde med gyllekanal og stalde med mekanisk udskrabningssystemer. Gyllekølingssystemet etableres ved nedstøbning af PEL-slanger i bunden af gylle- eller gødningskanalerne i stalden. Slangerne udlægges typisk med en afstand på 35-40 cm og forbindes til en varmepumpe. Gyllekøling er mest relevant, hvor den indvundne varme kan anvendes til opvarmningsformål, hvilket typisk drejer sig om besætninger med søer og smågrise.

Udfordringerne med gyllekøling er at gyllens varmpotentiale er højest i perioder, hvor varmebehovet er lavest. En effektiv udnyttelse af kølingens energipotential kræver således, at den producerede varme også kan udnyttes i perioder med høje temperaturer.

Gyllekølingens effekt på udnyttelsen af gyllen udenfor stalden

Køling af gylle påvirker den efterfølgende udnyttelse af husdyrgødningen. Kølingen reducerer omsætningen af gyllens letomsættelige organiske forbindelser. Dette betyder, alt andet lige, at gyllen har et højere energiindhold og biogaspotentiale, hvis gyllen efterfølgende udnyttes som substrat i forbindelse med biogasproduktion.

Kølingen reducerer tilsvarende ammoniaktabet fra gyllen (Miljøstyrelsen, 2011a). Dette øger gyllens kvælstofindhold, hvilket øger gyllens værdi som gødning i planteproduktion. Den præcise ammoniakreducerende effekt kendes ikke, men Miljøstyrelsen har i forbindelse med optagelsen af gyllekøling på styrelsens vejle-

dende Teknologiliste foreløbig vurderet at køling af svinegylle kan reducere ammoniaktabet fra stalden med op til 30 % (Miljøstyrelsen, 2015).

Tabel 3. Eksempel på effekter af gyllekøling i forbindelse med en slagtesvinestald med en årlig produktion af 1000 slagtesvin (31-107 kg) i et staldsystem med drænet gulv + spalter. I eksemplet er det antaget 30 W køleeffekt/kvadratmeter gylleoverflade, hvilket er vurderet at kunne reducere ammoniakemissionen fra stalden med ca. 30 % (Miljøstyrelsen, 2011a).

Teknologi	N produktion Kg N/år	NH ₃ -N tab stald	NH ₃ -N tab Lager	N indhold ab lager	P indhold ab lager	Arealkrav, ha. v 170 kg N/ha.	Kg P pr. ha.	Værdi som biogas- substrat	Lugtre- duktion stald
Ingen	2850	395	50	2405	620	14,2	43,8		
Køling	2850	280	42	2519	620	14,8	41,8	+	+

Gylleforsuring

Tilsætning af syre til gylle bevirker, at gyllens pH-værdi falder, hvorved gyllens indhold af ammoniak kvælstof i stigende omfang omdannes til ammonium (NH₄⁺), der ikke fordamper. Ved tilsætning af 4-6 kg koncentreret svovlsyre (H₂SO₄) pr. 1.000 kg svinegylle sænkes gyllens pH-værdi til mellem pH 5,5 og 6,0 (Miljøstyrelsen, 2011b).

Ved behandlingen ledes gylle fra et antal gyllekummer i stalden til procestanken via ventilbrønden. Efter behandlingen pumpes hovedparten af gyllen tilbage til gyllekummerne i stalden, mens resten overpumpes til udendørs gyllelager.

Gylleforsuring reducerer gyllens udledning af ammoniak og metan, men forsuringen har derudover indflydelse på gødningens håndtering og udnyttelse udenfor stalden.

Det lavere ammoniaktab fra forsuret gylle betyder at gyllens kvælstofindhold er højere end det ville have været uden forsuring. Dette øger gyllens næringsstofindhold og dermed dets værdi som gødning i planteproduktionen. Tilsætningen af svovl i form af svovlsyre, betyder desuden at supplerende svovlgødskning ikke er nødvendig.

Tilsætningen af svovlsyre har tilsvarende betydning for gyllens udnyttelse som substrat til biogasproduktion. Generelt vil store mængder svovl reducere udbyttet af biogas, omvendt vil forsuringen reducere metantabet fra gyllen før den afgasses, hvilket øger gyllens biogaspotentiale. Undersøgelser har vist, at 10 til 20 % af den gylle der tilføres et biogasanlæg kan bestå af forsuret gylle uden at det påvirker biogasproduktionen negativt (Møller & Møset, 2013). Udbredt forsuring af gylle kan derfor begrænse muligheden for at nå den politiske målsætning om at 50 % af gyllen i 2025 skal benyttes til energiformål. Generelt vil store svovlmængder reducere biogasudbyttet men da forsuringen sikrer, at der ikke tabes metan i stalden, vil dette kunne øge biogasudbyttet og den samlede CO₂ gevinst. Ligeledes har det vist sig at små ekstra svovl mængder i reaktoren tilsyneladende har haft en positiv værdi på biogasudbyttet men her er det vigtigt at kende grænserne eftersom der er en hårfin balance mellem den positive gevinst og et mindsket biogasudbytte og det vil således ikke kunne anbefales at tilsætte mere end ca. 10 % forsuret gylle til et biogasanlæg hvis de negative effekter helt skal undgås. Ved anvendelse af separeret fiber fra forsuret gylle kan andelen dog øges betydeligt og ved erstatning af 30 % af biomassen i et anlæg udelukkende baseret på gylle med forsuret fiber var der ingen negativ effekt og gasproduktionen blev øget med 50 % i forhold til anvendelse af normal gylle. På anlæg der i forvejen behandler mange svovlholdige produkter vil forsurrede fiber dog hurtigt kunne have en negativ effekt hvilket der er observeret ved test på kommercielle anlæg.

Table 4. Eksempel på effekter af gylleforsuring i stald i forbindelse med en slagtesvinestald med en årlig produktion af 1000 slagtesvin (31-107 kg) i et staldsystem med drænet gulv + spalter.

Teknologi	N produktion Kg N/år	NH ₃ -N tab stald	NH ₃ -N tab lager	N indhold ab lager	P indhold ab lager	Areal- krav, ha. v 170 kg N/ha.	Kg P pr. ha.	Værdi som biogassub- strat	Lugtre- duktion stald
Ingen	2850	395	50	2405	620	14,2	43,8		
Forsuring	2850	118	60	2672	620	15,7	39,5	-	0

Innovationsbehov

Målsætningen med månegrisprojektet er bl.a. at opnå en svineproduktion med en lavere miljøpåvirkning og ressourceforbrug, samt at opnå en bedre ressourceudnyttelse af husdyrproduktionens restprodukter. I den forbindelse er det vigtigt at husdyrgødningen udnyttes optimalt og miljøneutralt. Da husdyrgødningen har et højt indhold af næringsstoffer er det centralt at husdyrgødningens næringsstofindhold udnyttes så effektivt som muligt og at næringsstofferne recirkuleres uden tab til miljøet. I den forbindelse har der været ønske om, at der kan ske en frakobling af husdyrproduktionen og arealkravet.

En af udfordringerne med husdyrgødning er at dets transport er forbundet med et stort ressourceforbrug og lugtgener. Det betyder i praksis, at husdyrgødningen normalt udnyttes nær produktionsstedet. I den forbindelse bør man være opmærksom på at selv om en del af den danske husdyrgødning i dag separeres og der dannes en næringsstof og fosforrig fiberfraktion, har det ikke ført til markant eksport af denne gødningsfraktion til regioner med lav husdyrtæthed. Man skal også være opmærksom på at hovedparten af gyllens masse (ca. 80 %) efter separering forefindes i form af en vandig fraktion, som der normalt ikke er økonomiske eller ressourcemæssige forudsætninger for eksportere væk fra bedriften.

Der er derfor behov for innovation af teknologier og systemer der kan sikre effektiv og miljøneutral udnyttelse af husdyrgødning i planteproduktionen. I den forbindelse er der tilsvarende behov for innovation indenfor udnyttelse og logistiksystemer målrettet udnyttelse af næringsstofrige separationsprodukter i regioner med lav husdyrtæthed.

Energipotentialt i separationsprodukter udnyttes i dag kun i begrænset omfang. Der er derfor behov for større viden om, hvordan det sikres at fiber i højere grad implementeres som substrat i forbindelse med eksempelvis biogasudnyttelse.

Gylleforsuring er en effektiv metode til at reducere næringsstoffabet fra husdyrproduktion. En øget brug af forsuring vil dog gå i mod ønskerne om en større andel af husdyrgødningen skal udnyttes til biogasproduktion. Der er derfor behov for at få undersøgt og udviklet systemer der sikrer at biogasproduktionen kan gennemføres med et højere input af forsuret gyllen end det i dag er muligt.

Litteratur

- Birkmose T.S. Gregersen K.H, Stefanek K. 2013. Biomasse til biogasanlæg i Danmark - på kort og langt sigt. Energistyrelsen. http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/undergrund-forsyning/vedvarende-energi/bioenergi/biogas-taskforce/rapporter_taskforce/biomasser_til_biogasanlaeg.pdf
- Birkmose T.S. 2008. Forbrænding af husdyrgødning og fiber fra separeret gylle. Indlæg på workshop: Forbrænding af husdyrgødning. CBMI, Tjele.
- Hansen M.N., Birkmose T., Mortensen B, Skaaning K. 2004. Miljøeffekter af bioforgasning og separering af gylle. Grøn Viden Markbrug nr. 296. Danmarks JordbrugsForskning.
- Hansen M.N., Kai P., Møller H.B. 2006. Effects of anaerobic digestion and separation of pig slurry on odor emission. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 22(1): 135-139.
- Hansen M.N., Sommer S.G., Hutchings N.J, Sørensen P. 2008. Emissionsfaktorer til beregning af ammoniakfordampning ved lagring og udbringning af husdyrgødning. DJF Husdyrbrug nr. 84.
- Jacobsen, B. H., Hjort-Gregersen, K., Sørensen, C. G., & Hansen, J. F. 2002. Separering af gylle: En tekniskøkonomisk systemanalyse. Fødevarøkonomisk Institut. (FOI Rapport; Nr. 142).
- Jonassen K. 2011. Reduceret lugtemission fra slagtesvinestald ved hyppig udslusning af gylle. **Meddelelse nr. 899. SEGES Videncenter for Svineproduktion.**
- Jonassen K. 2013. Hyppig gylleudslusning i slagtesvinebesætninger med henblik på at reducere lugtemissionen. **Erfaring nr. 1321. SEGES Videncenter for svineproduktion.**
- Miljøstyrelsen, 2010a. Separering af gylle med skruepresse. Teknologiblad, Miljøstyrelsen. [http://www2.mst.dk/Wiki/\(S\(4rcxaanixkmdsvm4nxjw4bio\)\)/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Gylleseparingskruepresser.pdf](http://www2.mst.dk/Wiki/(S(4rcxaanixkmdsvm4nxjw4bio))/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Gylleseparingskruepresser.pdf)
- Miljøstyrelsen, 2010b. Separering af gylle med dekantercentrifuge. Teknologiblad, Miljøstyrelsen. [http://www2.mst.dk/Wiki/\(S\(4rcxaanixkmdsvm4nxjw4bio\)\)/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Gyllesepareringdekantercentrifuger.pdf](http://www2.mst.dk/Wiki/(S(4rcxaanixkmdsvm4nxjw4bio))/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Gyllesepareringdekantercentrifuger.pdf)
- Miljøstyrelsen, 2011a. Teknologiblad. Køling af gylle i slagtesvinestalde. Teknologiblad, Miljøstyrelsen. http://mst.dk/media/mst/66976/Slagtesvin_Køling%20af%20gylle_version%203.pdf
- Miljøstyrelsen 2011b. Svovlsyrebehandling af gylle. Teknologiblad, Miljøstyrelsen. [http://www2.mst.dk/Wiki/\(S\(4rcxaanixkmdsvm4nxjw4bio\)\)/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Slagtesvin_svovlsyrebehandlingafgylle_version3.pdf](http://www2.mst.dk/Wiki/(S(4rcxaanixkmdsvm4nxjw4bio))/GetFile.aspx?File=/BAT/Teknologiblade/Slagtesvin_svovlsyrebehandlingafgylle_version3.pdf)
- Miljøstyrelsen, 2015. Miljøstyrelsens vejledende Teknologiliste. <http://mst.dk/virksomhed-myndighed/landbrug/miljoeteknologi-og-bat/teknologilisten/gaa-til-teknologilisten/staldindretning/>
- Møller H. B., Hansen M.N. & Maahn M. 2003. Separation af gylle med skruepresse, dekantercentrifuge og ved kemisk fældning. Grøn Viden, markbrug nr. 286. Danmarks JordbrugsForskning.
- Møller H.B., Kai P. 2009. Højere gasudbytte i husdyrgødning ved kildeseperering. CBMI TOPIC, Nr. 1, januar 2009. www.cbmi.dk
- Møller H.B., Moset V. 2013. Sur gylle kan give mere biogas. FiB nr. 44. http://www.biopress.dk/PDF/FiB_44-2013_05.pdf
- Petersen J., Sørensen P. 2007. Fiberfraktion fra gylleseparering – tab af kulstof og kvælstof under lagring. Grøn Viden Nr. 48. Aarhus Universitet.

SEGES P/S skaber løsninger til fremtidens landbrugs- og fødevarerhverv. Vi udvikler forretningsmuligheder og serviceydelser i tæt samarbejde med vores kunder, forskningsinstitutioner og virksomheder over hele verden.

SEGES P/S
Axeltorv 3
DK 1609 København V

T +45 3339 4500
E vsp-info@seges.dk
W seges.dk

